Ю. П. Алексеев

# БЛОКИ УКВ НА ЛАМПАХ И ТРАНЗИСТОРАХ






·ЭНЕРГИЯ·

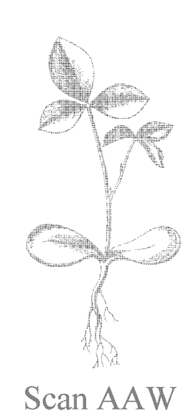
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

*Выпуск 788*

Ю. П. АЛЕКСЕЕВ

# БЛОКИ УКВ НА ЛАМПАХ И ТРАНЗИСТОРАХ





«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1972

6Ф2.124
А 47
УДК 621.382.3+621.385



**Алексеев Ю. П.**

А 47 Блоки УКВ на лампах и транзисторах, М., «Энергия», 1972.

72 стр. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 788).

В брошюре рассмотрены различные варианты построения ламповых и транзисторных блоков УКВ Подробно разобраны конструкции этих блоков для всех классов и типов приемников массового производства. Описаны методика настройки блоков УКВ и проверка их параметров.

Брошюра рассчитана на подготовленных радиолюбителей.

**3-4-5**
**305-71**

**6Ф2.124**

*Алексеев Юрий Петрович*

**Блоки УКВ на лампах и транзисторах**

Редактор *Е. Б. Гумеля*
Редактор издательства *А. П. Алешкин*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*
Технический редактор *О. П. Преснякова*
Корректор *И. А. Володяева*

Сдано в набор 19/III 1971 г. Подписано к печати 28/X 1971 г. Т-16837
Формат 84×108[1]/[32] Бумага типографская № 2 Усл. печ. л. 3,78 Уч.-изд. л. 5,02
Тираж 60 000 экз. Цена 21 коп. Зак. 350

Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

ОГЛАВЛЕНИЕ

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Внедрение радиовещания в диапазоне ультракоротких волн с частотной модуляцией в Советском Союзе началось в 50-х годах. При этом в радиовещательные приемники высшего, первого, второго и третьего классов был введен УКВ диапазон (64,5—73 *Мгц*), рассчитанный на прием сигналов с частотной модуляцией. Преимущества вещания на этом диапазоне заключаются в расширении полосы передаваемых звуковых частот и низком уровне промышленных и атмосферных помех.

Вся высокочастотная часть тракта УКВ ЧМ радиовещательного приемника, как правило, конструктивно выполняется в виде функционального законченного узла — блока УКВ.

Со времени появления первых массовых отечественных приемников с УКВ диапазоном прошло около 15 лет. За этот период были разработаны и освоены промышленностью десятки различных моделей стационарных и переносных радиовещательных приемников и радиол различных классов, имеющих УКВ диапазон. В некоторых телевизорах и телерадиолах тоже предусмотрена возможность приема сигналов радиовещательных станций с частотной модуляцией.

В процессе освоения новых моделей приемников и радиол блоки УКВ постоянно совершенствовались. Например, первые типы блоков УКВ, в которых использовалась промежуточная частота 8,4 *Мгц*, обладали одним существенным недостатком—создавали помехи расположенным поблизости телевизорам, работающим на третьем телевизионном канале, за счет значительного уровня напряжения частоты гетеродина на входе блока. В современных блоках УКВ для ламповых радиоприемников этот недостаток устранен за счет использования преобразования частоты по второй гармонике гетеродина и выбора промежуточной частоты, равной 6,5 *Мгц*.

В настоящее время диапазон УКВ вводится во все типы транзисторных приемников (стационарных, переносных, автомобильных). Отечественная промышленность начала выпускать радиоприемники, построенные полностью на транзисторах и имеющие УКВ диапазон. Это стереофоническая радиола «Рига-101», монофоническая радиола и радиоприемник «Рига-102», переносные приемники «Рига-103» и «Океан», автомобильные переносные приемники «Урал-авто», «АТ-66» и др.

В справочниках по радиовещательным приемникам, как правило, приводятся электрические схемы приемников и нигде не говорится о конструктивном исполнении блоков УКВ. Однако некоторые блоки УКВ существующих радиоприемников, будучи одинаковыми по электрической схеме, совершенно отличаются друг от друга конструктивно.

В данной книге рассматриваются различные варианты построения ламповых и транзисторных блоков УКВ, приводится подробный разбор конструкций блоков УКВ для всех классов и типов приемников и радиол, выпускаемых ранее и в настоящее время, а также излагаются способы настройки ламповых и транзисторных блоков УКВ.

В книге рассматриваются вопросы перспективы развития техники радиовещательного приема в УКВ диапазоне. В частности, показана тенденция к усложнению схем и конструкций блоков УКВ на транзисторах с целью повышения помехоустойчивости приема и использованию электронной настройки в диапазоне УКВ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

# ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМ ЛАМПОВЫХ БЛОКОВ УКВ

## Особенности элементов блок-схемы

Функционально законченный узел—блок УКВ радиовещательного приемника обычно выполняется по блок-схеме, приведенной на рис. 1.

Входная цепь блока УКВ стационарного приемника, как правило, рассчитана на подключение симметричных антенн: петлевого вибратора с волновым сопротивлением 300 *ом* или диполя с волновым сопротивлением 75 *ом*.

Входная цепь должна обеспечивать: максимальную величину коэффициента передачи по напряжению при требуемом отношении сигнал/шум, что необходимо для получения высокой реальной чувствительности приемника; достаточную избирательность по зеркальному каналу; уменьшение просачивания напряжения гетеродина к зажимам антенны.

В блоках УКВ входная цепь чаще всего представляет собой одиночный колебательный контур либо полосовой фильтр, состоящий из двух колебательных контуров, настроенный на среднюю частоту диапазона УКВ, либо одиночный колебательный контур, частота настройки которого сопряжена с частотой контура гетеродина.

Выбор той или иной схемы входной цепи зависит от класса приемника, в котором используется блок УКВ. В наиболее массовых приемниках I—III классов, где блок УКВ построен на одной лампе (двойном триоде 6Н3П), входная цепь представляет собой широкополосный контур с фиксированной настройкой на среднюю частоту УКВ диапазона (70 *мгц*). Полоса пропускания входной цепи равна ширине диапазона ($\Delta f \approx 8$ *Мгц*).

Такая входная цепь позволяет упростить систему настройки и сопряжения контуров УВЧ и гетеродина.

Связь с антенной выбирается индуктивной, что позволяет подключать антенну ко входу приемника либо с помощью несимметричного коаксиального кабеля, либо двухпроводного симметричного фидера.

Максимальный коэффициент передачи входной цепи обеспечивается при выполнении условий оптимальной связи, когда затухания, вносимые в контур антенной и лампой, одинаковы. Однако при проектировании входных цепей исходят не только из обеспечения требований получения максимального коэффициента передачи. Для получения высокой реальной чувствительности приемника необходимо также выполнять условие согласования по шумам, выражающееся в том, чтобы сопротивление антенны, приведенное к участку сетка—катод, имело бы определенную величину. Как правило, эти два условия не совпадают. При этом выбирают компромиссное решение. Наибольшее

распространение получила схема усилителя высокой частоты с общей промежуточной точкой (рис. 2), позволяющая добиться приближения условий согласования по мощности и по шумам. Достигается это соответствующим выбором величины связи с антенной и точки входного контура, соединяемой с общим проводом.

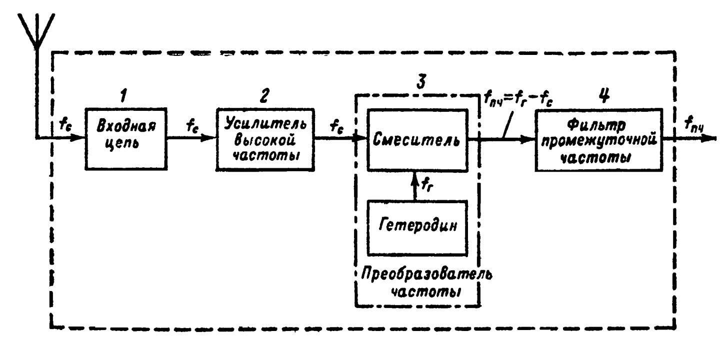



Рис. 1. Функциональная схема блока УКВ.

Для увеличения избирательности по зеркальному каналу в некоторых приемниках входной контур выполняется перестраиваемым по диапазону. При этом стремятся получить высокую конструктивную добротность контура, а его связь с антенной и лампой УВЧ выбирается достаточно слабой.

Каскад усиления сигналов высокой частоты (УВЧ) в блоке УКВ используется для повышения реальной чувствительности приемника, так как в диапазоне УКВ уровень атмосферных и индустриальных помех сравнительно мал. В зависимости от класса приемники в соответствии с требованиями ГОСТ должны иметь реальную чувствительность не хуже 5—30 *мкв*.

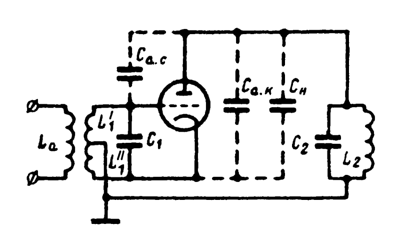



Рис. 2. Схема УВЧ с заземленной промежуточной точкой.

Уровень шумов лампы в режиме преобразования частоты значительно выше уровня шумов лампы, используемой в режиме усиления. Однако при достаточно большом усилении первого каскада реальная чувствительность приемника определяется в основном шумами входного контура и первой лампы, так как шумы последующих каскадов, приведенные к сетке первой лампы, имеют очень малую величину.

Кроме того, каскад УВЧ применяется также из соображений уменьшения проникновения напряжения гетеродина на вход блока УКВ, повышения избирательности по зеркальному каналу (по ГОСТ не хуже 20—30 *дб*) для ослабления помех по промежуточной частоте (30—40 *дб* в зависимости от класса приемника).

В блоках УКВ для усиления высокой частоты используются как триоды, так и пентоды. Эти лампы должны обладать высокой кру-

тизной характеристики, малыми междуэлектродными емкостями, низким шумовым сопротивлением и малой входной проводимостью. В УВЧ целесообразнее использовать триоды, так как они обладают более низким уровнем шума по сравнению с пентодами. Усилители на пентодах используются, как правило, в блоках УКВ для приемников высшего класса в качестве второго каскада усиления принимаемой частоты.

Усилители высокой частоты строятся по одной из следующих схем:

1) схема с общей промежуточной точкой (рис. 2);
2) каскодная схема (общий катод — общая сетка) (рис. 4);
3) схема на пентоде с общим катодом.

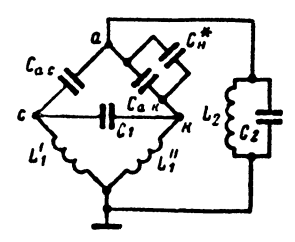



Рис. 3. Схема УВЧ с заземленной промежуточной точкой, изображенная в виде моста.

Рис. 4. Каскодная схема усилителя высокой частоты.

Схема УВЧ с общей промежуточной точкой (рис. 2) сочетает в себе достоинства схем с общим катодом и общей сеткой. Соответствующим выбором точки входного контура, соединяемой с общим проводом, можно увеличить входное сопротивление каскада по сравнению с каскадом УВЧ с общей сеткой, а также получить бо̀льшую устойчивость, чем в усилителе с общим катодом.

Для повышения устойчивости усилителя и для уменьшения просачивания напряжения гетеродина на вход блока УКВ используется мостовая схема (рис. 3). Обратные связи через междуэлектродные емкости анод — сетка $C_{а.с}$ и анод — катод $C_{а.к}$ компенсируются с помощью нейтрализующей емкости $C_н$, включенной в плечо моста параллельно емкости $C_{а.к}$. Остальные плечи моста образованы емкостью $C_{а.с}$ и двумя частями катушки входного контура $L_1'$ и $L_2'$

Когда мост сбалансирован, т. е. правильно выбрана емкость нейтрализации $C_н$, взаимная связь между входным и анодным контурами будет устранена.

Схема усилителя высокой частоты, построенная на двух триодах (рис. 4), первый из которых включен с общим катодом, а второй с общей сеткой (каскодная схема), имеет ряд преимуществ по сравнению с различными схемами УВЧ на одной лампе (с общим катодом, общей сеткой и общей промежуточной точкой). Основные из них: малый уровень шумов, большое входное сопротивление, значительный коэффициент усиления и высокая стабильность работы схемы.

Большое входное сопротивление лампы слабо нагружает антенный контур, что увеличивает коэффициент передачи входной цепи и

улучшает избирательность. Нагрузкой первого триода с общим катодом является очень малое входное сопротивление второго триода, включенного по схеме с общей сеткой, поэтому коэффициент усиления по напряжению первого каскада не больше единицы. Это в значительной степени уменьшает опасность неустойчивой работы усилителя из-за обратной связи через емкость $C_{а.с}$.

Малое усиление по напряжению первого триода компенсируется большим устойчивым усилением второго триода (с общей сеткой), так как паразитная обратная связь через емкость анод — катод $C_{а.к}$ незначительна.

В связи с относительной сложностью каскодная схема используется лишь в блоках УКВ для приемников высшего класса, где ставится задача получения предельного значения реальной чувствительности.

К преобразователям частоты блоков УКВ предъявляются следующие требования: высокий коэффициент передачи, большое входное сопротивление, малое излучение напряжения гетеродина, минимальное значение коэффициента шума.

Для обеспечения этих требований в блоках УКВ используются односеточные преобразователи частоты на пентодах и триодах.

Двухсеточные преобразователи частоты в блоках УКВ не используются из-за малой эффективности их работы на частотах УКВ диапазона, которая обусловлена сильным взаимодействием между сигнальной и гетеродинной сетками через пространственный заряд. Крутизна преобразования этих преобразователей мала (0,3—0,5 *ма/в*), и для ее получения необходимо подавать от гетеродина большое напряжение (9—12 *в*), что приводит к значительным трудностям по обеспечению требований малого излучения напряжения гетеродина. К тому же многосеточные лампы обладают значительными шумами, что снижает реальную чувствительность приемника.

Односеточный преобразователь частоты обычно называют гетеродинным преобразователем. При этом лампа выполняет функции генератора колебаний вспомогательной частоты и преобразователя принимаемых сигналов в промежуточную частоту.

В подавляющем большинстве случаев преобразователи частоты в блоках УКВ выполняются на триодах. При этом появляется возможность упростить и удешевить конструкцию блока за счет применения одной лампы — двойного триода. Однако при использовании в преобразовательном каскаде триода при отсутствии специальных мер возникает отрицательная обратная связь через проходную емкость лампы, уменьшающая коэффициент усиления преобразователя.

При рассмотрении работы УВЧ блока УКВ отмечалось, что проходная емкость триода $C_{а.с}$ в этом каскаде вредна из-за возникновения положительной обратной связи. Однако в гетеродинном преобразователе частоты на триоде эта емкость создает отрицательную обратную связь по промежуточной частоте. Объясняется это следующим. Из теории самовозбуждения известно, что при наличии связи между анодной и сеточной цепями лампы через междуэлектродную емкость $C_{а.с}$ анодное напряжение будет прикладываться к участку сетка — катод лампы синфазно со входным напряжением в том случае, если реактивные сопротивления между анодом и катодом имеют индуктивный характер, т. е. при этом создается положительная обратная связь. В случае, если одно из этих реактивных сопротивлений носит емкостный характер, обратная связь будет отрицательной, что и имеет место в гетеродинном преобразователе частоты

(рис. 5,*а*). Сопротивление контурных катушек в цепи сетки преобразователя $L_1$ и $L_2$ на промежуточной частоте очень мало́ по сравнению с емкостным сопротивлением последовательно включенных конденсаторов $C_3$, $C_2$, $C_1$ и $C_7$. Поэтому реактивное сопротивление на участке сетка — катод для промежуточной частоты является емкостным, а обратная связь через проходную емкость $C_{а\cdot с}$ — отрицательной.

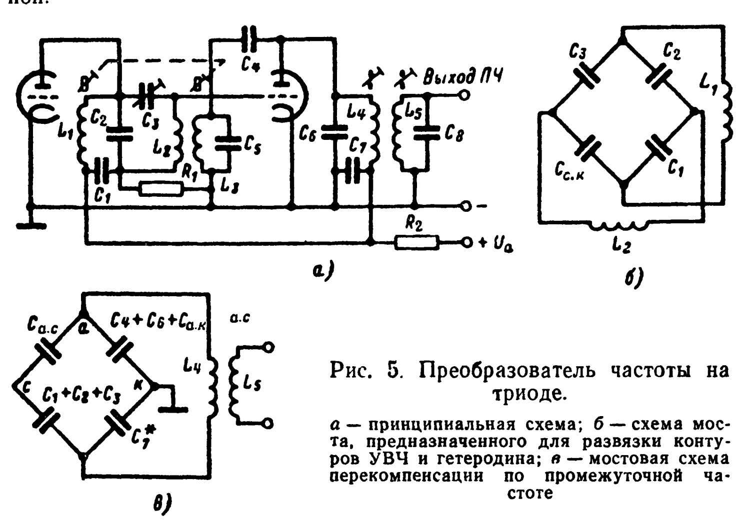



Рис. 5. Преобразователь частоты на триоде.

*а* — принципиальная схема; *б* — схема моста, предназначенного для развязки контуров УВЧ и гетеродина; *в* — мостовая схема перекомпенсации по промежуточной частоте

Преобразователи частоты на триодах в блоках УКВ выполняются только по схеме двойного моста. Схема преобразователя частоты типового блока УКВ на одной лампе (двойном триоде) приведена на рис. 5, *а*. Один мост, используемый в этой схеме (рис. 5, *б*), позволяет обеспечить независимость настройки контуров усилителя высокой частоты и гетеродина за счет устранения непосредственной связи между этими контурами, включенными в разные диагонали сбалансированного моста. Плечи моста образованы конденсаторами $C_1$—$C_3$ и входной емкостью $C_{с\cdot к}$ второго триода лампы. Мост сбалансирован при выполнении равенства

$$C_1 C_3 = C_2 C_{с.к}.$$

Настройка моста осуществляется изменением емкости полупеременного конденсатора $C_3$. Применение этого моста позволяет обеспечить точное сопряжение настроек контуров УВЧ и гетеродина и в значительной степени ослабить просачивание напряжения гетеродина на вход блока УКВ.

Другой мост (рис. 5, *в*) компенсирует отрицательную обратную связь по промежуточной частоте, образующуюся за счет значительной емкости анод — сетка $C_{а.с}$. Кроме того, с целью увеличения усиления по промежуточной частоте параметры этого моста подбираются таким образом, чтобы обеспечить его перекомпенсацию, т. е. чтобы вносимая положительная обратная связь была несколько боль-

ше отрицательной обратной связи через проходную емкость $C_{а.с}$. Мост образован суммарной емкостью $(C_1+C_2+C_3)$, суммарной емкостью $(C_4+C_6+C_{а.к})$ ($C_{а.к}$ — выходная емкость второго триода), емкостью $C_7$ и проходной емкостью анод — сетка $C_{а.с}$ второго триода лампы.

Баланс моста имеет место при выполнении условия

$$(C_1+C_2+C_3)(C_4+C_6+C_{а.к}) = C_{а.с}C_7,$$

т. е. при этом напряжение промежуточной частоты между сеткой и катодом отсутствует. Перекомпенсация моста достигается соответствующим выбором емкости конденсатора $C_7$. Однако следует иметь в виду, что чрезмерная перекомпенсация может привести к неустойчивой работе и даже самовозбуждению преобразовательного каскада.

Преобразователи частоты на пентодах имеют некоторые преимущества перед односеточными триодными преобразователями. Они имеют больший коэффициент передачи, не требуют компенсации проходной емкости анод — сетка $C_{а.с}$ по промежуточной частоте, так как у пентодов она в сотни раз меньше, чем у триодов. По этой причине в преобразователях на пентодах используется лишь одна мостовая схема, когда анодный контур каскада УВЧ и контур гетеродина включаются в разные диагонали сбалансированного моста.

В качестве анодной нагрузки преобразователя, как правило, используется двухконтурный фильтр, настроенный на промежуточную частоту (ФПЧ), с индуктивной связью между контурами. Связь выбирается достаточно слабой, благодаря чему частотная характеристика ФПЧ имеет вид одногорбой кривой. Непосредственно со второго контура сигнал промежуточной частоты поступает на сетку лампы УПЧ.

### Выбор значения промежуточной частоты

При выборе значения промежуточной частоты усилительного тракта приемника необходимо учитывать: частоты принимаемых сигналов; ширину диапазона частот этих сигналов; возможность помех со стороны станций, работающих на частотах, близких к ПЧ; необходимость ослабления воздействия побочных каналов приема (в особенности зеркального) и уменьшения количества этих каналов.

В ламповых приемниках отечественного производства в УКВ тракте используются промежуточные частоты 8,4 и 6,5 *Мгц*, в приемниках зарубежных фирм — 10,7 *Мгц*.

Рассмотрим причины, вызвавшие выбор этих значений промежуточных частот.

В приемнике основное усиление обеспечивает тракт промежуточной частоты. Он же обеспечивает и избирательность по соседнему каналу. С целью обеспечения высоких значений этих параметров желательно выбирать наиболее низкую величину из всех возможных для использования значений промежуточной частоты. В тракте УПЧ ламповых приемников для обеспечения избирательности по соседнему каналу используются двухконтурные полосовые фильтры. При критической связи между контурами и одинаковой добротности контуров избирательность возрастает пропорционально квадрату уменьшения величины промежуточной частоты, а усиление возрастает прямо пропорционально уменьшению частоты.

Однако уменьшение величины промежуточной частоты связано и с некоторыми недостатками. При низком значении промежуточной частоты ухудшается избирательность по зеркальному каналу. Для сохранения требуемой избирательности по зеркальному каналу приходится предъявлять более высокие требования к избирательности входных цепей и усилителя высокой частоты, т. е. увеличивать число перестраиваемых контуров, что значительно усложняет блок УКВ и его налаживание.

С точки зрения сокращения побочных каналов приема целесообразно увеличивать значение промежуточной частоты. Для уменьшения вероятности возникновения помехи по зеркальному каналу от работающих в диапазоне УКВ радиостанций величина промежуточной частоты должна быть несколько больше половинного значения ширины диапазона, отведенного для УКВ ЧМ вещания. В этом случае исключается возможность возникновения зеркальной помехи принимаемой УКВ станции со стороны других УКВ станций. Диапазон частот УКВ ЧМ вещания в Советском Союзе составляет 65,8—73 *Мгц*, в странах Западной Европы — 87,5—104 *Мгц*, в США — 87,5—108 *Мгц*. Именно по вышеуказанной причине в США, где ширина диапазона принимаемых частот равна 20,5 *Мгц*, принято значение промежуточной частоты 10,7 *Мгц*.

В приемниках западно-европейских фирм до 1962 г. наряду с промежуточной частотой 10,7 *Мгц* использовалась промежуточная частота 6,75 *Мгц*, так как диапазон, отведенный для УКВ вещания, был равен 87,5—100 *Мгц*.

Вопрос о выборе промежуточной частоты в приемниках отечественного производства связан с вопросом паразитного излучения УКВ гетеродина.

В начале 50-х годов, когда отечественные приемники только проектировались, телевизионное вещание велось лишь на первом и втором телевизионных каналах, промежуточная частота УКВ тракта приемника была выбрана равной 8,4 *Мгц* с целью увеличения ослабления сигнала зеркального канала. При этом, чтобы не создавать помехи телевизионному вещанию на 2 ТВК, частота гетеродина была выбрана выше частоты принимаемого сигнала, а для преобразования частоты использовалась первая гармоника гетеродина, т. е. диапазон частот гетеродина УКВ приемника составлял 74,2—81,4 *Мгц*.

В дальнейшем в связи с развитием телевизионного вещания были введены в эксплуатацию все 12 телевизионных каналов, которые расположены в диапазоне частот 48,5—100 *Мгц* (1—5 ТВК) и 174—230 *Мгц* (6—12 ТВК).

Ширина полосы пропускания каждого канала составляет 8 *Мгц*.

Диапазон частот УКВ ЧМ вещания 65,8—73 *Мгц* расположен между 2 и 3 ТВК. При принятом значении промежуточной частоты УКВ тракта 8,4 *Мгц* в спектр 3 ТВК (76—84 *Мгц*) попадает основная частота (первая гармоника) УКВ гетеродина радиовещательного приемника (74,2—81,4 *Мгц*), которая в значительной степени мешает приему телевизионных передач на этом канале расположенным поблизости телевизорам.

Вторая гармоника УКВ гетеродина (148,4—162,8 *Мгц*) не попадает ни в какие ТВК, а третья гармоника (222,6—244,2 *Мгц*) попадает в спектр частот 12 ТВК (222—230 *Мгц*) и, следовательно, может создавать помехи приему телевещания на этом канале.

Подавление паразитного излучения на гармониках гетеродина не представляет особых трудностей и может быть осуществлено гораздо более простыми средствами, чем на основной частоте гетеродина. К тому же мощность колебаний гармоник гетеродина всегда значительно меньше мощности колебаний первой гармоники (основной частоты).

Наибольшую трудность представляет проблема уменьшения паразитного излучения УКВ гетеродина на частотах, попадающих в спектр 3 ТВК, в блоках УКВ, построенных на одной лампе.

Обеспечение нормы ГОСТ 5651-64 на излучение гетеродина (150 *мкв/м*) в приемниках, использующих одноламповые блоки, стало возможным лишь при использовании преобразования частоты по второй гармонике гетеродина. При этом оказалось, что применение промежуточной частоты 8,4 *Мгц* недопустимо. Объясняется это следующим. При промежуточной частоте 8,4 *Мгц* и при использовании преобразования по второй гармонике гетеродина диапазон частот гетеродина равен 37,1—40,7 *Мгц* (вторая гармоника гетеродина 74,2—81,4 *Мгц*). Полоса частот спектра 1 ТВК составляет 48,5—56,5 *Мгц*. В этом случае за счет биений между частотами 1 ТВК 48,5—49,1 *Мгц* и частотами УКВ гетеродина на участке 40,1—40,7 *Мгц* будет образовываться промежуточная частота 8,4 *Мгц*, которая беспрепятственно пройдет через тракт ПЧ приемника и создаст на его выходе помеху. Эта помеха будет прослушиваться при настройке приемника в диапазоне 71,8—73 *Мгц*, что совершенно недопустимо. Чтобы избавиться от этого вида помехи, промежуточная частота приемника должна быть уменьшена до значения 8 *Мгц*.

С целью унификации блоков УКВ в радиовещательных приемниках с блоками УКВ, используемыми в телевизионных приемниках, в которых предусмотрен прием станций УКВ ЧМ вещания, была принята единая промежуточная частота 6,5 *Мгц*. При этом частота гетеродина выбирается выше частоты принимаемого сигнала. В противном случае, если частота гетеродина 29,65—33,25 *Мгц* ниже частоты сигнала, а третья гармоника гетеродина соответственно равна 88,95—99,75 *Мгц*, за счет биений между частотами 5 ТВК на участке 95,45—100 *Мгц* и третьей гармоникой гетеродина на участке 88,95—93,5 *Мгц* создается промежуточная частота 6,5 *Мгц*, прослушиваемая в виде помехи на выходе приемника.

При использовании преобразования по второй гармонике гетеродина и выборе значения промежуточной частоты 6,5 *Мгц* могут возникнуть помехи приему радиовещательных станций со стороны телецентра, а также помехи приему телевизионного вещания со стороны УКВ гетеродина приемника.

Первый вид помех может иметь место при расположении приемника в непосредственной близости от телецентра. Как известно, разность между несущими частотами сигнала изображения и сигнала звукового сопровождения равна 6,5 *Мгц*. Причем если на сетку лампы преобразователя частоты попадут оба эти сигнала и хотя бы один из них будет иметь амплитуду, при которой захватывается нелинейный участок ламповой характеристики, то в результате биений этих частот возникнет помеха с частотой 6,5 *Мгц*, которая будет прослушиваться на выходе приемника. Однако практически уровень этой помехи в ламповых приемниках даже при самых сильных сигналах телевизионных передатчиков, которые могут иметь место поблизости от телецентра, столь незначителен, что ею можно пренебречь.

Второй вид помех может быть по следующей причине. При использовании преобразования частоты в блоке УКВ по второй гармонике гетеродина и промежуточной частоте 6,5 *Мгц* диапазон частот первой гармоники гетеродина равен 36,15—39,75 *Мгц*, а промежуточная частота сигнала изображения ТВК равна 38 *Мгц*. Таким образом, в этом случае возможны помехи приему телевизионного вещания на промежуточной частоте изображения.

Однако если учесть, что прием на УКВ диапазоне ведется на антенну, представляющую собой полуволновой вибратор, настроенный на среднюю частоту принимаемого сигнала (70 *Мгц*), уровень излучения основной гармоники гетеродина (38 *Мгц*) будет невелик, поскольку эти антенны по отношению к основной частоте гетеродина являются укороченными. Паразитное излучение гетеродина может оказаться большим лишь в том случае, когда к зажимам УКВ блока подключаются всякого рода суррогатные антенны и некоторые из них случайно могут оказаться настроенными на основную частоту гетеродина. При этом излучение резко возрастает и может в 10—20 раз превысить величину, имеющую место с нормальной антенной. Хотя случаи такие и маловероятны, однако при установке антенн их следует избегать.

## Методы снижения паразитного излучения

Как уже отмечалось, в связи со сложившимся в Советском Союзе распределением частот для телевизионного и УКВ ЧМ вещания к приемникам предъявляются весьма жесткие требования по обеспечению малого паразитного излучения с частотой гетеродина в диапазоне УКВ.

Паразитное излучение в первую очередь зависит от конструкции блока УКВ. Одним из обязательных конструктивных требований является тщательное экранирование всего блока, т. е. блок УКВ должен выполняться в виде функционального законченного экранированного узла приемника, причем элемент настройки контуров тоже должен быть помещен под экран блока. При такой конструкции напряженность поля паразитного излучения определяется в основном величиной напряжения гетеродина на входных зажимах блока УКВ.

Из других конструктивных решений, ведущих к уменьшению просачивания напряжения гетеродина к входным зажимам блока УКВ, можно отметить следующие:

1) элементы схемы каскада гетеродина должны располагаться на печатной плите по возможности дальше от входных цепей и УВЧ. Целесообразно даже применить внутреннюю экранировку каскада гетеродина от остальных элементов схемы блока УКВ;

2) точки соединения печатной платы с металлическим основанием блока УКВ (поддоном) надо выбирать таким образом, чтобы между ними по поддону не протекали уравнительные токи с частотой гетеродина. В противном случае может иметь место интенсивное излучение непосредственно с шасси приемника, на котором закреплен блок УКВ.

Схемные решения, используемые в отечественных блоках УКВ для уменьшения просачивания напряжения паразитного излучения гетеродина на вход блока, следующие.

Режим гетеродина выбирается таким, чтобы амплитуда его колебаний имела бы минимально возможную величину с точки зрения

обеспечения достаточного коэффициента усиления преобразователя. Однако напряжение гетеродина нельзя снижать до очень малых величин ради подавления паразитного излучения, так как при этом будут нарушены требования устойчивости генерируемых колебаний в зависимости от дестабилизирующих факторов (напряжения питания, больших уровней входного сигнала, температуры). Кроме того, с уменьшением амплитуды гетеродина на сетке лампы уменьшается крутизна преобразования.

Основным средством уменьшения просачивания напряжения гетеродина на вход блока является применение в схеме блока УКВ двух сбалансированных мостов нейтрализации, в которых контур гетеродина и анодный контур УВЧ, а также анодный контур УВЧ и входной контур находятся в противоположных диагоналях моста. Точная балансировка мостов на минимум просачивания напряжения гетеродина на вход блока УКВ производится с помощью подстроечных конденсаторов, включенных в одно из плеч.

Наибольшее распространение в УВЧ блоков УКВ получила схема с общей промежуточной точкой. Для уменьшения паразитного излучения промежуточную точку следует соединить с общим проводом через емкостный делитель.

В одноламповых блоках УКВ для уменьшения паразитного излучения контур гетеродина рекомендуется включать в анодную цепь преобразователя частоты. При включении этого контура в цепь управляющей сетки преобразователя излучение возрастает в несколько раз.

Уменьшить излучение помогает фильтрация напряжений питания УКВ блока. Для этого в провод питания нити накала включают дроссель, заблокированный конденсатором. Анодное напряжение также подводится через фильтр. Такая фильтрация позволяет локализовать токи с частотой гетеродина в пределах блока УКВ, что уменьшает эффективную поверхность излучения.

Наиболее эффективными методами уменьшения паразитного излучения являются применение двухлампового блока УКВ с двухкаскадным УВЧ и использование в одноламповом блоке УКВ для преобразования частоты второй гармоники гетеродина.

Построение блока УКВ на двух лампах позволяет не только значительно снизить паразитное излучение гетеродина, но и обеспечить высокие показатели по всем остальным параметрам (избирательность по зеркальному каналу, малый коэффициент шума, большой коэффициент усиления).

Из-за сложности и дороговизны двухламповые блоки УКВ используются лишь в приемниках высшего класса.

Применение в одноламповом блоке УКВ для преобразования частоты второй гармоники гетеродина позволяет получить подавление паразитного излучения до уровня, сравнимого с аналогичным уровнем двухлампового блока (с преобразованием по первой гармонике).

В настоящее время во всех одноламповых отечественных блоках УКВ используется преобразование по второй гармонике гетеродина.

Измерения напряженности поля паразитного излучения приемников в УКВ диапазоне представляют собой достаточно сложный и трудоемкий процесс, так как в соответствии с ГОСТ 9783-61 на методы электрических испытаний радиоприемников эти измерения проводятся на специально оборудованной открытой площадке вне помещения или в помещении, свободном от каких-либо посторонних металлических предметов, размером не менее 6×9×4,5 *м.*

Такие измерения ремонтными ателье не производятся из-за их сложности. Контролировать же этот параметр после ремонта приемника, хотя бы косвенным путем, необходимо, особенно в районах, где ведется телевизионное вещание на 3 ТВК. Приблизительную оценку величины паразитного излучения УКВ гетеродина приемника можно производить путем измерения высокочастотным селективным микровольтметром (измерителем помех) напряжения гетеродина на входных зажимах блока УКВ. Однако это напряжение достаточно точно характеризует излучающие свойства приемника только в том случае, если паразитное излучение с шасси приемника практически отсутствует. При этом поле излучения определяется мощностью, поступающей в антенну от входных зажимов блока УКВ.

Следует отметить, что в современных отечественных ламповых приемниках излучение с шасси практически отсутствует, поскольку при их конструировании были применены все указанные выше способы уменьшения паразитного излучения УКВ гетеродина. Для этих приемников, использующих в качестве приемной антенны полуволновый симметричный вибратор с волновым сопротивлением 300 *ом*, пересчетный коэффициент от напряжения гетеродина, измеренного на входных зажимах блока УКВ, к напряженности поля паразитного излучения приблизительно равен 10, т. е. для обеспечения требуемой нормы напряжение гетеродина УКВ на антенных зажимах приемника не должен превышать 1,5 *мв*.

# ГЛАВА ВТОРАЯ

# ЛАМПОВЫЕ БЛОКИ УКВ ДЛЯ СЕТЕВЫХ СТАЦИОНАРНЫХ ПРИЕМНИКОВ И РАДИОЛ

## Блоки УКВ, используемые в радиоприемниках I—III классов и телевизорах

**УКВ-Е**. Высокочастотный блок УКВ-Е (ультракоротковолновый блок с емкостной настройкой) — унифицированный узел для первых серийных отечественных приемников I и II классов с УКВ диапазоном.

Блок построен на одной лампе — двойном триоде типа 6Н3П. Принципиальная схема блока УКВ-Е изображена на рис. 6. Первый триод работает как УВЧ с заземленной промежуточной точкой, второй — как гетеродинный преобразователь частоты. Входной контур $L_2C_2$ настроен на среднюю частоту диапазона — 70 *Мгц*. Связь контура с антенной индуктивная. Такая связь позволяет соединить антенну с приемником коаксиальным кабелем или симметричным двухпроводным фидером.

Односеточный преобразователь частоты построен по двойной мостовой схеме. Первый мост (рис. 7, *а*) образован емкостью $C_9$, емкостью сетка — катод $C_{с.к}$ триода преобразователя и двумя половинами катушки индуктивности $L_5$. При равенстве этих индуктивностей условием равновесия моста будет равенство емкостей $C_9$ и $C_{с.к}$.

При наличии равновесия моста гетеродинное напряжение на индуктивности обратной связи ($L_5$) не будет вызывать тока в сигналь-

ном контуре $L_3C_3$, и, наоборот, напряжение на сигнальном контуре не будет вызывать тока в индуктивности обратной связи, так как катушка обратной связи $L_5$ оказывается включенной в одну диагональ моста, а контур усилителя высокой частоты — в другую. Баланс моста достигается подбором конденсатора $C_9$.

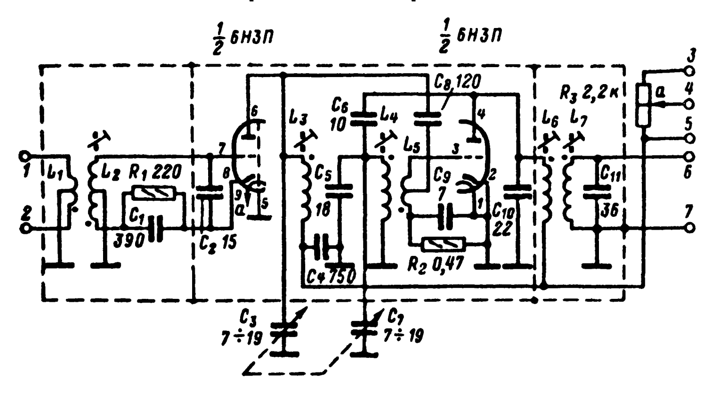



Рис. 6. Схема унифицированного блока УКВ-Е.

*1*, *2* — вход; *3* — напряжение анодного питания $U_а$ (+150 *в*); *4* — напряжение накала $U_н$ (6,3 *в*); *5* — вспомогательный контакт; *6* — выход ПЧ; *7* — корпус.

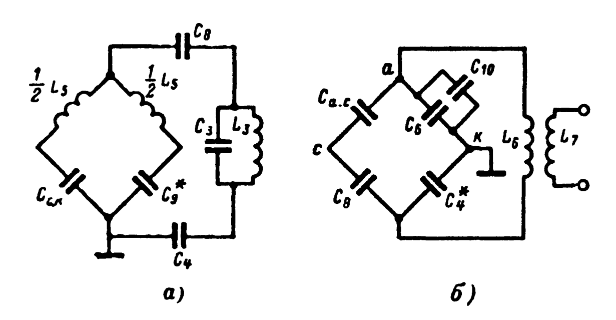



Рис. 7. К схеме блока УКВ-Е.

*а* — схема моста, устраняющего взаимное влияние между контурами УВЧ и гетеродином; *б* — схема моста, предназначенного для компенсации отрицательной обратной связи по промежуточной частоте.

Второй мост (рис. 7, *б*) служит для компенсации отрицательной обратной связи, возникающей через емкость анод — сетка триода преобразователя $C_{а.с}$. Плечи моста образованы емкостями $C_4$, $C_8$, $C_6+C_{10}$ и емкостью анод — сетка $C_{а.с}$.

Равновесие моста соблюдается в случае выполнения равенства

$$C_{а.с}\,C_4 = C_8\,(C_6 + C_{10}).$$

При этом напряжение промежуточной частоты между сеткой и катодом отсутствует, так как катушка индуктивности первого контура ФПЧ $L_6$ включена в другую диагональ моста. Уменьшением емкости $C_4$ можно достичь преобладания положительной обратной связи над отрицательной и тем самым повысить усиление по промежуточной частоте.

Напряжение сигнала, снимаемое с контура УВЧ $L_3C_3$, подводится через конденсатор $C_8$ к средней точке катушки связи $L_5$ и далее вместе с напряжением гетеродина поступает на сетку второго триода. Напряжение промежуточной частоты выделяется на контуре $L_6C_{10}$ и затем с контура $L_7C_{11}$, индуктивно связанного с $L_6C_{10}$, поступает на выходные зажимы блока УКВ. Частота гетеродина выбрана выше частоты принимаемого сигнала на величину промежуточной частоты 8,4 *Мгц*.

Емкость первого контура ФПЧ складывается из емкостей параллельно включенных конденсаторов $C_{10}$ и $C_6$, так как сопротивление катушки контура гетеродина $L_4$ на промежуточной частоте практически равно нулю. С другой стороны, конденсатор $C_{10}$ входит в контур гетеродина и вместе с конденсатором $C_6$ образует емкостный делитель, создающий слабую связь контура гетеродина с анодом лампы преобразователя. Этот способ включения обеспечивает такой режим работы гетеродина, при котором колебательная мощность его мала, что уменьшает уровень паразитного излучения, а напряжение на сетке достаточно для получения максимальной крутизны преобразования.

Конструктивно блок УКВ-Е выполнен в виде экранированного узла, который крепится непосредственно к корпусу четырехсекционного агрегата конденсаторов переменной емкости (КПЕ). Секции КПЕ расположены на одной общей оси. При таком креплении блока длина соединительных проводников от секций УКВ КПЕ минимальна. Настройка на УКВ диапазоне осуществляется двумя секциями, а две другие служат для настройки на диапазонах АМ. Подстроечные конденсаторы в блоке не применяются. Необходимая подстройка при регулировке блока осуществляется соответствующим изменением конечной емкости контуров — легким сжиманием или разжиманием пластин секций УКВ переменного конденсатора, а также с помощью ферритовых сердечников контурных катушек. Монтаж блока — объемный. Конструктивно выводные лепестки блока расположены в порядке возрастания их номеров в соответствии с принципиальной схемой.

Блок УКВ-Е с незначительными изменениями применялся в следующих приемниках и радиолах: «Байкал», «Муромец», «Харьков», «Октава», «Рассвет», «Маяк», «Баку-58», «Волга», «Жигули», «Донец», «Восток-57», «Минск-58», «Мелодия», «Комета».

**Блок УКВ-ИП** (ультракоротковолновый, с индуктивной настройкой, печатный). Этот блок УКВ был разработан для замены технически устаревшего блока УКВ-Е. Принципиальная схема блока УКВ-ИП приведена на рис. 8. Блок выпускался в двух вариантах, отличающихся между собой лишь частотой настройки фильтра ПЧ:

блок УКВ-ИП-8,4 с промежуточной частотой 8,4 *Мгц* предназначался для установки в радиовещательные приемники I—III классов;

блок УКВ-ИП-6,5 с промежуточной частотой 6,5 *Мгц* предназначался для установки в телерадиолы.

Основным отличием блока УКВ-ИП от блока УКВ-Е являются его конструкция и способ настройки на частоту принимаемого сигнала.

Монтаж блока выполнен печатным способом на плате из фольгированного гетинакса. На рис. 9, *а* показано расположение деталей схемы на плате. Методом печати выполнены не только монтажные провода, но и некоторые детали — катушка связи с антенной $L_1$ и катушка входного контура $L_2$ (рис. 9, *б*).

Настройка блока на принимаемый сигнал осуществляется за счет перемещения алюминиевых сердечников внутри катушек контуров гетеродина и усилителя высокой частоты. При введении сердечника в катушку ее индуктивность уменьшается. Для обеспечения линейной зависимости изменения частоты контуров от перемещения сердечников последние имеют небольшую конусность.

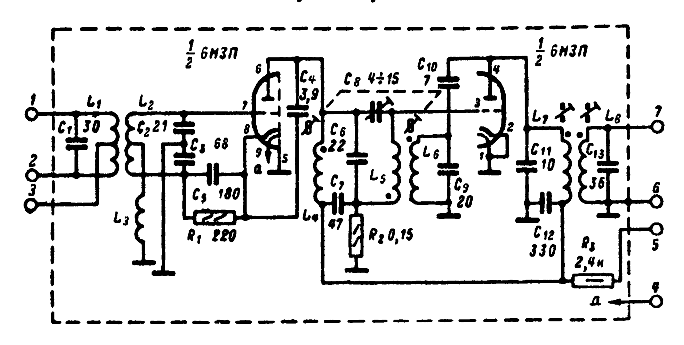



Рис. 8. Схема блока УКВ-ИП.

*1, 2* — симметричный вход; *3* — средняя точка антенной катушки; *4* — $U_н$ (~ 6,3 *в*); *5* — $U_а$ (+120 *в*); *6* — корпус; *7* — выход ПЧ.

Сердечники закреплены на штоке из изоляционного материала, расположенного внутри катушек, и имеют возможность осевого перемещения относительно друг друга, что позволяет производить укладку диапазона и сопряжение настроек контуров без применения подстроечных конденсаторов. Для перекрытия диапазона принимаемых частот ход штока ограничивается упорами в обоих крайних положениях. Упорами служит выступ поддона.

Блок УКВ-ИП собран на двойном триоде типа 6Н3П. Первый триод работает как УВЧ с общей промежуточной точкой, второй — как гетеродинный преобразователь частоты.

Основные схемные особенности блока УКВ-ИП следующие.

Во входной цепи используется полосовой фильтр, причем соединение промежуточной точки сеточного контура УВЧ с общим проводом произведено через емкостный делитель. При этом гармоники напряжения гетеродина подавляются лучше, чем при соединении с общим проводом промежуточной точки самой контурной катушки.

Усилитель высокой частоты построен по двойной балансной (мостовой) схеме. Эти два моста служат для уменьшения просачивания напряжения гетеродина на вход блока. Третий мост (в схеме преобразователя частоты) служит для перекомпенсации отрицательной обратной связи по промежуточной частоте, что позволяет увеличить усиление каскада преобразователя частоты.

Плечи первого моста (рис. 10) образованы конденсаторами $C_2$, $C_3$, емкостью анод — сетка $C_{а.с}$ триода УВЧ и конденсатором $C_4$ (со-

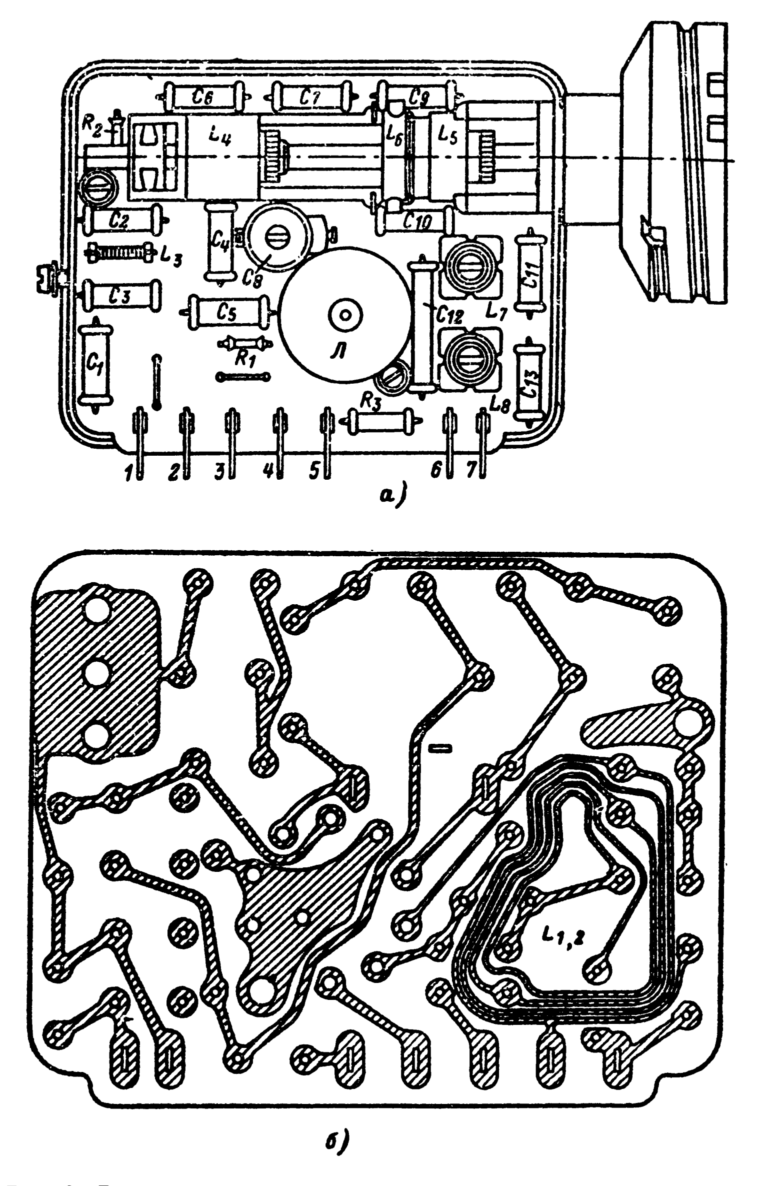



Рис. 9. Расположение элементов схемы на печатной плате блока УКВ-ИП.

*а* — вид со стороны монтажа; *б* — вид со стороны печати.

вместно с емкостью анод — катод $C_{а.к}$). В одной диагонали моста находится катушка входного контура $L_2$, во второй диагонали — катушка контура УВЧ $L_4$ Если соблюдены условия баланса моста

$$C_3 C_{а.с} = C_2 (C_{а.к} + C_4),$$

то взаимное влияние контуров через проходную емкость $C_{а.с}$ отсутствует, т. е. напряжение с анодного контура не прикладывается к промежутку сетка — катод.



Рис. 10. Схема моста, нейтрализующего обратную связь в УВЧ блока УКВ-ИП.

Две другие мостовые схемы аналогичны рассмотренным выше в блоке УКВ-Е (рис. 7, *а, б*).

Плечи второго моста образованы конденсаторами $C_6$—$C_8$ и входной емкостью триодного преобразователя $C_{с.к}$.

Условие баланса моста

$$C_7 C_8 = C_6 C_{с.к}.$$

Балансирование моста на минимум излучения производится изменением емкости подстроечного конденсатора $C_8$. Катушка анодного контура УВЧ $L_4$ и катушка связи контура гетеродина $L_5$, индуктивно связанная с контуром гетеродина $L_6C_9$, находятся в разных диагоналях моста. При выполнении условия баланса моста эти контуры не влияют друг на друга. Третий мост блока УКВ-ИП образован суммарной емкостью $C_7+C_6+C_8$, суммарной емкостью $C_{10}+C_{11}$, емкостью $C_{12}$ и емкостью анод — сетка второго триода лампы (гетеродинного преобразователя) $C_{а.с}$.

Условие баланса моста

$$(C_6 + C_7 + C_8)(C_{10} + C_{11}) = C_{а.с} C_{12}.$$

Практически мост всегда немного разбалансируют изменением емкости конденсатора $C_{12}$ так, чтобы вводимая положительная обратная связь оказалась бы несколько больше отрицательной обратной связи по промежуточной частоте. При этом коэффициент усиления преобразователя возрастает.

Напряжение промежуточной частоты выделяется фильтром ПЧ (контуры $L_7C_{11}$ и $L_8C_{13}$). Связь между контурами индуктивная, меньше критической.

Блоки УКВ-ИП-8,4 используются в следующих приемниках и радиолах: «Сакта», «Дзинтарс», «Минск-61», «Югдон», «Факел», «Факел-М», «Мелодия-64», «Ижевск», «Арфа», «Фестиваль» (2-й вариант), в магнитоле «Вайва».

Блоки УКВ-ИП-6,5 используются в телевизорах «Старт-3», «Рубин-102Б», «Радий Б».

**Блок УКВ радиолы «Латвия».** Принципиальная схема блока приведена на рис. 11. Этот блок использовался также в других моделях: «Рапсодия», «Кама-61», «Кама-62», «Италмас».

Блок УКВ радиолы «Латвия» построен по схеме, почти аналогичной примененной в блоке УКВ-ИП-8,4, и отличается в основном лишь конструктивным исполнением. Блок построен на одной лампе — двойном триоде 6Н3П. Один триод используется для усиления высокой частоты, второй — для преобразования. Контуры входного поло-

сового фильтра $L_1C_1$ и $L_2C_2C_3$ настроены на среднюю частоту диапазона принимаемых частот (70 *Мгц*).

Усилитель высокой частоты выполнен по схеме с общей промежуточной точкой. Мостовая схема нейтрализации проходной емкости триода УВЧ аналогична схеме в блоке УКВ-ИП (рис. 10). Мост об-

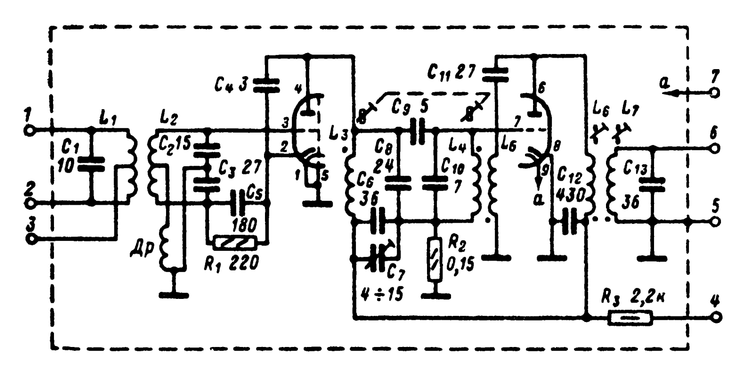


Рис. 11. Схема блока УКВ радиолы «Латвия».

*1, 2* — симметричный вход; *3* — средняя точка антенной катушки; *4* — $U_a$ (+140 *в*); *5* — корпус; *6* — выход ПЧ; *7* — $U_н$ (~6,3 *в*).

разован конденсаторами $C_2$ — $C_4$ и емкостью анод — сетка $C_{а.с}$ триода УВЧ.

Основным отличием схемы блока УКВ радиолы «Латвия» от УКВ-ИП-8,4 является построение схемы гетеродинного преобразователя частоты. Контур гетеродина $L_4C_{10}$ включен в цепь сетки второго триода (в УКВ-ИП-8,4 он включен в анодную цепь).

В связи с этим несколько отличается и балансно-мостовая схема преобразователя частоты (рис. 12). Этот мост образован суммарной емкостью $C_6+C_7$, емкостями $C_8$ и $C_9$ и входной емкостью второго триода $C_{с.к}$.

Балансировка моста производится полупеременным конденсатором $C_7$. Мост сбалансирован при выполнении равенства

$$(C_6 + C_7)\,C_9 = C_8\,C_{с.к}.$$

При этом на анодном контуре усилителя ВЧ $L_3C_6C_7C_8$ отсутствует напряжение гетеродина, а на гетеродинном контуре $L_4C_{10}$ отсутствует напряжение сигнала принимаемой частоты, поскольку эти контуры оказываются включенными в разные диагонали моста.

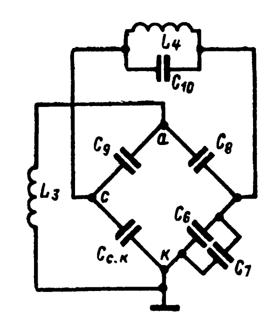



Рис. 12. Балансно-мостовая схема преобразователя частоты блока УКВ радиолы «Латвия».

Для увеличения усиления по промежуточной частоте применена мостовая схема перекомпенсации проходной емкости преобразовате-

ля. Мост образован емкостями $C_9$ и $C_{12}$, суммарной емкостью $C_{11}+$ $+C_{а.к}$ и проходной емкостью триода преобразователя $C_{а.с}$.

В анодной цепи преобразователя включен двухконтурный полосовой фильтр промежуточной частоты.

Конструктивно блок УКВ состоит из трех основных деталей: печатной платы с установленными на ней элементами схемы и механизмом настройки, литого поддона, к которому прикреплена печатная плата, и штампованного алюминиевого экрана. Расположение деталей на печатной плате показано на рис. 13.

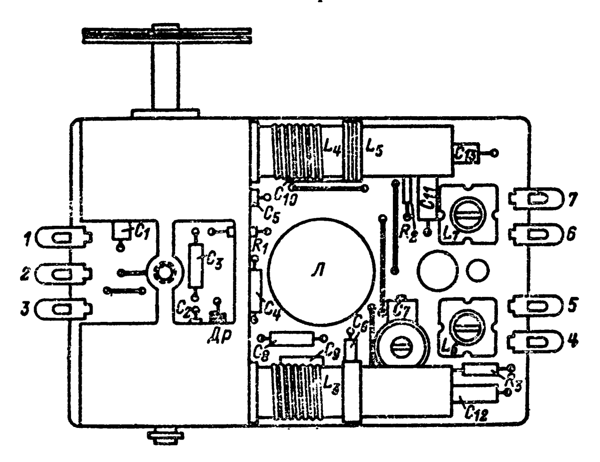



Рис. 13. Печатная плата блока УКВ радиолы «Латвия» с установленными деталями.

Катушки входного полосового фильтра $L_1$ и $L_2$ изготовлены печатным способом. Перестройка по диапазону осуществляется изменением индуктивности контуров УВЧ и гетеродина.

Конструкция агрегата настройки отличается от примененного в блоке УКВ-ИП-8,4. Для перестройки контуров УВЧ и гетеродина применены латунные ступенчатые цилиндрические сердечники. Сердечники с помощью резьбы соединяются с рейкой, которая входит в зацепление с зубчатым колесом, закрепленным на оси настройки блока. При вращении этой оси сердечники контуров УВЧ и гетеродина синхронно перемещаются каждый в осевом направлении внутри своей катушки, меняя таким образом ее индуктивность и осуществляя настройку приемника.

Система перемещения сердечников позволяет производить независимую подгонку каждого сердечника в отдельности при настройке блока.

**Блок УКВ-ИП-2.** Этот блок УКВ является в настоящее время наиболее массовым и используется в большинстве приемников и радиол I—III классов, а также в телерадиолах (табл. 1).

Блок разработан на базе блока УКВ-ИП. Основным отличием блока УКВ-ИП-2 от всех вышерассмотренных является использование для преобразования частоты второй гармоники гетеродина (на что указывает цифра 2 в названии блока). Это позволило значитель-

Таблица 1

**Модели приемников и радиол, в которых используется блок УКВ-ИП-2**

| Тип модели | Наименование модели |
|---|---|
| Радиола, приемник | «Сибирь», «Сириус», «Сириус-5», «Беларусь-62», «Беларусь-62-стерео», «Агат», «Минск-65», «Самоцвет», «Чайка-М», «Гамма», «Бирюза», «Кантата», «Рекорд-68», «Беларусь» (модели Р-101Л, Р-102Л, Р-103Л), «Ґайна» (модели Р-302Л, Р-301Л) |
| Магнитола | «Миния», «Миния-2», «Миния-4», «Фиалка-2» |
| Телерадиола | «Лира», «Беларусь-110» |

но снизить паразитное излучение гетеродина на частотах, попадающих в 3 ТВК.

Блок УКВ-ИП-2 выпускается с 1963 г., и к настоящему времени схема его претерпела ряд изменений.

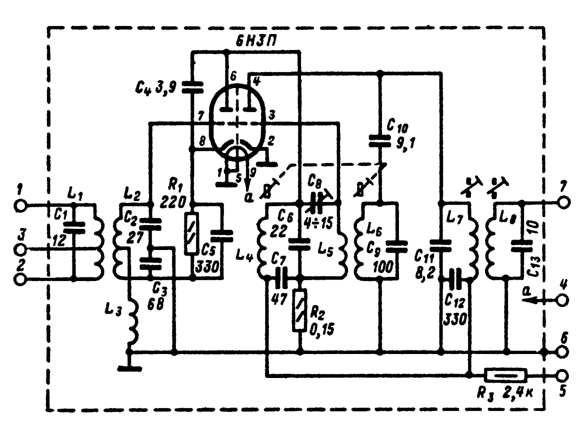



Рис. 14. Схема блока УКВ-ИП-2 (начальный вариант).

*1, 2* — симметричный вход; *3* — средняя точка антенной катушки; *4* — $U_н$ (~6,3 *в*); *5* — $U_а$ (120 или 150 *в*); *6* — корпус; *7* — выход ПЧ.

Первоначальный вариант принципиальной схемы блока УКВ-ИП-2 приведен на рис. 14. Этот блок по схеме почти полностью соответствует рассмотренному ранее блоку УКВ-ИП-8,4 и отличается от него лишь номинальными значениями емкостей конденсаторов и моточными данными катушек.

Один триод лампы 6Н3П используется в УВЧ, другой — в гетеродинном преобразователе частоты. Катушки $L_1$ и $L_2$ выполнены пе-

чатным способом. Нейтрализация проходной емкости триода УВЧ производится конденсаторами $C_2$ — $C_4$.

Перестройка в диапазоне принимаемых частот производится изменением индуктивностей контура гетеродина и сопряженного с ним контура УВЧ. Влияние одного контура на другой ослаблено за счет применения балансно-мостовой схемы (рис. 12).

Мостовая схема перекомпенсации по промежуточной частоте также ничем не отличается от схемы этого моста в блоке УКВ-ИП-8,4. В анодной цепи преобразователя частоты включен фильтр промежуточной частоты (катушки $L_7$ и $L_8$), выделяющий сигнал промежуточной частоты 6,5 *Мгц*.

Использование преобразования частоты по второй гармонике гетеродина повлияло на коэффициент усиления блока. Он уменьшился в 2—3 раза по сравнению с блоком УКВ-ИП-8,4.

При первой модернизации блока УКВ (в целях упрощения его схемы с сохранением электрических параметров) были произведены следующие изменения: подстроечный конденсатор $C_8$ типа КПК-М, используемый для настройки мостовой схемы на минимум излучения, заменен конденсатором постоянной емкости типа КД емкостью 1,5 *пф*; катушка контура УВЧ $L_4$ включена в цепь анода лампы по автотрансформаторной схеме; исключен из схемы конденсатор $C_{13}$ второго контура фильтра ПЧ; заменены номинальные значения многих конденсаторов схемы.

Поскольку принцип построения схемы блока УКВ-ИП-2 совершенно не изменен, далее приводится только перечень элементов модернизированного варианта схемы (вариант 2).

| | | |
|---|---|---|
| $C_1$ — 24 *пф* | $C_5$ — 180 *пф* | $C_9$ — 100 *пф* |
| $C_2$ — 24 *пф* | $C_6$ — 36 *пф* | $C_{10}$ — 9,1 *пф* |
| $C_3$ — 68 *пф* | $C_7$ — 47 *пф* | $C_{11}$ — 8,2 *пф* |
| $C_4$ — 8,2 *пф* | $C_8$ — 1,5 *пф* | $C_{12}$ — 360 *пф* |

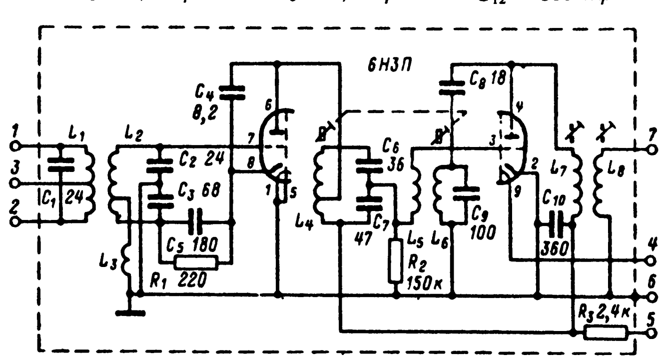



Рис. 15. Схема блока УКВ-ИП-2 (модернизированный вариант).

При дальнейшей модернизации блока заводом-изготовителем его схема еще больше упрощена: из схемы исключены конденсаторы $C_8$ и $C_{11}$; номинал конденсатора $C_{10}$ 9,1 *пф* заменен на 18 *пф*; в катушке связи гетеродина $L_5$ изменено количество витков с 3,5 до 2,5; изменена конструкция алюминиевых сердечников.

На рис. 15 приведена схема блока УКВ-ИП-2, в соответствии с которой он изготовляется в настоящее время.

Таблица 2

**Электрические параметры одноламповых блоков УКВ**

| Наименование параметра | Тип блока | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | УКВ-Е | УКВ-ИП-8,4 | УКВ-ИП-6,5 | Для радиолы «Латвия» и др. | УКВ-ИП-2 | УКВ-ИП-2А |
| Номинальное анодное напряжение, *в* | 150 | 120 | 120 | 140 | 120(150) | 140 |
| Анодный ток, *ма* . . . . . . . . . | 15 | 12 | 12 | 14 | 12(15) | 16 |
| Диапазон принимаемых частот не уже, *Мгц* . . . . . . . . . . | 64,0—73,5 | 64,0—73,5 | 64,0—73,5 | 64,0—73,5 | 65,3—73,5 | 65,3—73,5 |
| Коэффициент усиления по напряжению, раз . . . . . . . . . . | 150—400 | 125—500 | 125—500 | 150—500 | 45—200 (50—250) | 40—200 |
| Частота настройки фильтра промежуточной частоты, *Мгц* . . . . . | 8,4±0,1 | 8,4±0,1 | 6,5±0,1 | 8,4±0,1 | 6,5±0,1 | 6,5±0,1 |
| Ширина полосы пропускания фильтра ПЧ при ослаблении 6 *дб, кгц* . | 220—400 | 200—400 | 150—350 | 180—350 | 200—380 | 220—350 |
| Ослабление сигнала зеркального канала не менее, *дб* . . . . . . . | 20 | 26 | 20 | 26 | 22 | 22 |
| Напряжение излучения с частотой гетеродина на антенных зажимах блока УКВ не более, *мв*, на частотах: | | | | | | |
| 74,2—81,4 *Мгц* . . . . . . . . | 40 | 15 | — | 20 | — | — |
| 72,3—79,5 *Мгц* . . . . . . . . | — | — | 15 | — | 1,75—(2,5) | 2,5 |

Электрические параметры блока УКВ-ИП-2 приведены в табл. 2, а моточные данные контурных катушек — в табл. 3.

Таблица 3

**Моточные данные катушек индуктивности блока УКВ-ИП-2**

| Обозначение по схеме | Число витков | Марка и диаметр провода | Материал сердечника | Тип намотки |
|---|---|---|---|---|
| $L_1$ | 2 | — | — | Печатная |
| $L_2$ | 2 | — | — | Печатная |
| $L_3$ | 15 | ПЭЛ 0,5 | — | Бескорпусная, однослойная |
| $L_4$ | 2+4 | ПМ 1,0 | Алюминий | Однослойная, с шагом |
| $L_5$ | 2,5 | ПЭЛ 0,25 | Алюминий | Однослойная, рядовая |
| $L_6$ | 5 | ПМ 1,0 | Алюминий | Однослойная, с шагом |
| $L_7$ | 13+13+13 | ПЭВ 0,12 | 100 НН | Секционированная |
| $L_8$ | 13+13+13 | ПЭВ 0,12 | 100 НН | Секционированная |

**Блок УКВ-ИП-2А.** Так называется блок УКВ, который используется в радиолах I класса последних выпусков: «Ригонда», «Ригонда-стерео», «ВЭФ-радио», «ВЭФ-рапсодия», «Урал-1», «Урал-2», «Урал-5», «Иоланта» (рис. 16).

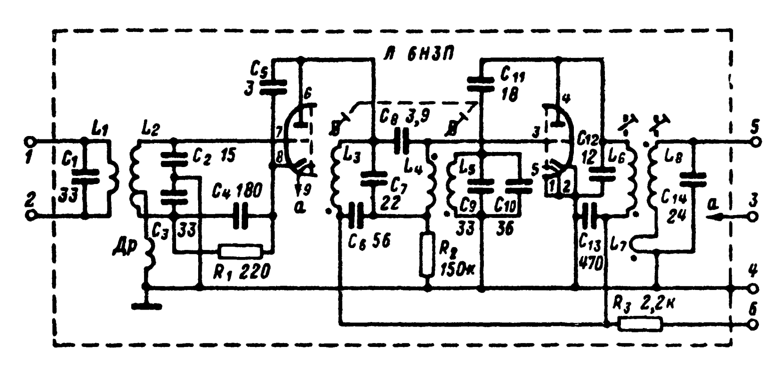



Рис. 16. Схема блока УКВ-ИП-2А.

*1, 2* — вход; *3* — $U_н$ (~6,3 *в*); *4* — корпус; *5* — выход ПЧ; *6* — $U_а$ (+140 *в*).

Блок УКВ-ИП-2А по электрической схеме очень незначительно отличается от рассмотренного блока УКВ-ИП-2. Он состоит из усилителя принимаемой частоты, построенного на левом триоде лампы 6Н3П, и гетеродинного преобразователя частоты — на правом триоде.

Усилитель ВЧ собран по схеме с общей промежуточной точкой в емкостной ветви сеточного контура. Этот контур имеет фиксированную настройку на среднюю частоту диапазона. Полоса пропускания

контура выбрана такой, что она перекрывает весь диапазон принимаемых частот. Связь с антенной — индуктивная. Катушка $L_1$ и $L_2$ выполнены печатным способом. Входная цепь блока УКВ-ИП-2А рассчитана на подключение симметричного вибратора с волновым сопротивлением 300 *ом*. Для нейтрализации проходной емкости УВЧ служит мостовая схема, образованная конденсаторами $C_2$, $C_3$, $C_5$ и емкостью $C_{а.с}$.

Гетеродинный преобразователь частоты выполнен по двойной балансно-мостовой схеме. Один мост служит для уменьшения просачивания паразитного напряжения на вход блока УКВ. Плечи этого моста образованы конденсаторами $C_6$—$C_8$ и входной емкостью гетеродинного преобразователя $C_{с.к}$. При этом катушка анодного контура усилителя ВЧ $L_3$ и катушка связи гетеродина $L_4$ оказываются включенными в противоположные диагонали моста. Когда мост сбалансирован, связь между контурами УВЧ и гетеродина отсутствует.

Другой мост служит для увеличения усиления по промежуточной частоте за счет создания перекомпенсации проходной емкости гетеродинного преобразователя. Плечи моста образованы суммарными емкостями $(C_{11}+C_{12})$ и $(C_6+C_7+C_8)$, емкостью $C_{13}$ и проходной емкостью триода преобразователя $C_{а.с}$. Степень перекомпенсации зависит от величины емкости конденсатора $C_{13}$.

В анодную цепь лампы преобразователя включен фильтр промежуточной частоты, настроенный на частоту 6,5 *Мгц*.

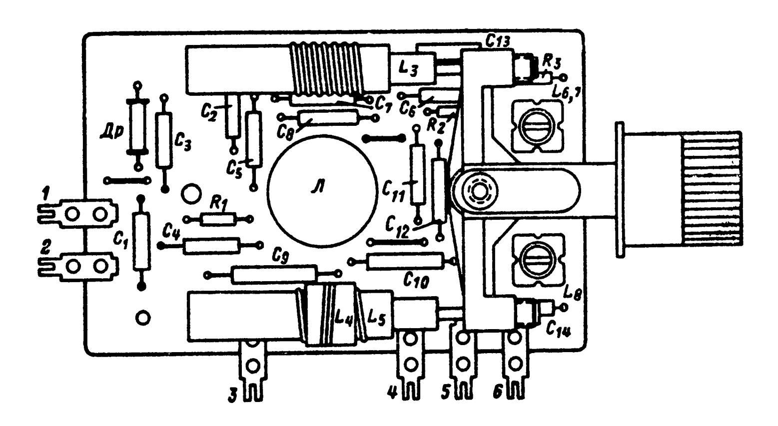



Рис. 17. Печатная плата блока УКВ-ИП-2А.

Для уменьшения паразитного излучения гетеродина на частотах, попадающих в диапазон 3 ТВК, преобразование частоты производится по второй гармонике гетеродина 71,8 — 80 *Мгц*, в то время как контур гетеродина $L_5C_9C_{10}$ настраивается на частоты первой гармоники 35,9—40 *Мгц*.

Контур гетеродина и сопряженный с ним анодный контур УВЧ перестраиваются в диапазоне принимаемых частот с помощью блока катушек переменной индуктивности. Расположение элементов схемы и механизма настройки на печатной плате показано на рис. 17.

## Блоки УКВ для приемников и радиол высшего класса

Во всех приемниках и радиолах высшего класса первых выпусков («Фестиваль», «Люкс», «Дружба», «Россия», «Эстония-55» и «Эстония-2») блок УКВ строился по схеме, аналогичной с рассмотренными выше блоками УКВ для радиол 1—3 классов. Основным отличием является лишь наличие в блоках некоторых моделей перестраиваемого входного контура. Все остальные схемные решения полностью повторяют построение блоков УКВ-Е или УКВ-ИП-8,4.

В связи с этим рассмотрение схем блоков УКВ для приемников высшего класса ранних выпусков интереса не представляет. Схемы

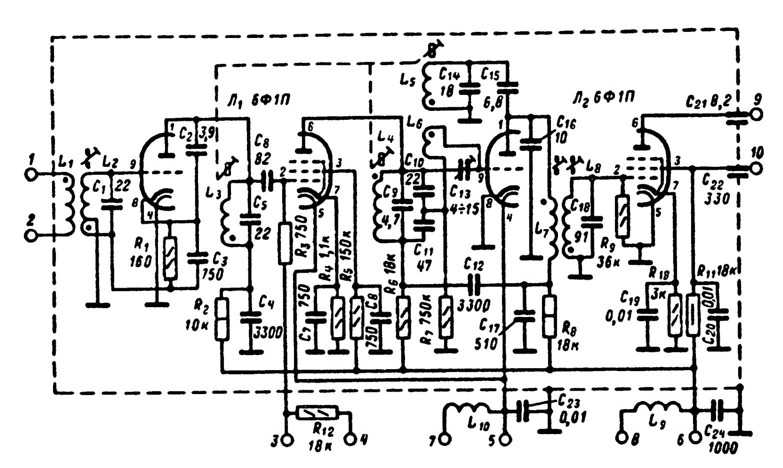



Рис. 18. Схема блока УКВ радиолы «Эстония-4».
*1, 2* — вход; *3* — вспомогательный; *4* — АРУ; *5, 6* — вспомогательные; *7* — $U_н$ (~6,3 *в*); *8* — $U_а$ (+160 *в*); *9, 10* — выход ПЧ.

этих блоков здесь не приводятся, а рассматривается построение блоков УКВ более сложных, используемых в радиолах высшего класса, выпускаемых в настоящее время.

**Блок УКВ радиолы «Эстония-4».** Принципиальная схема блока изображена на рис. 18. Этот блок с незначительными изменениями номинальных значений некоторых элементов схемы применялся в радиолах «Эстония-3» и «Эстония-3М». Блок УКВ построен на двух лампах (триод-пентодах 6Ф1П). Схема блока состоит из двухкаскадного усилителя высокой частоты, гетеродинного преобразователя частоты и первого каскада усилителя промежуточной частоты.

Триодная часть первой лампы работает как УВЧ с общей промежуточной точкой. Отвод от входного контура $L_2C_1$, а также величина связи с антенной выбираются исходя из условий оптимального согласования как по шумам, так и по мощности. Для повышения устойчивости работы усилителя и для уменьшения просачивания напряжения гетеродина на вход блока УКВ используется мостовая схема. Плечи моста образованы конденсатором $C_2$, проходной емкостью анод — сетка первого триода $C_{а.с}$ и двумя частями катушки входно-

го контура. При равновесии моста анодный контур, находящийся в одной диагонали моста, не будет вызывать тока в катушке входного контура, находящейся в другой диагонали моста, т. е. связь между сеточным и анодным контурами будет устранена.

Пентодная часть первой лампы работает в качестве второго каскада УВЧ, построенного по мостовой схеме. Плечи моста образованы конденсаторами $C_{10}$, $C_{11}$, $C_{13}$ и входной емкостью лампы гетеродинного преобразователя. Эта мостовая схема используется для уменьшения взаимосвязи между анодным контуром УВЧ на пентоде и контуром гетеродина, а также для уменьшения просачивания напряжения гетеродина на вход блока. Балансировка моста производится подстроенным конденсатором $C_{13}$ по минимуму излучения. В диагоналях моста включены анодный контур и катушка связи гетеродина $L_6$.

Гетеродинный преобразователь частоты собран на триодной части второй лампы 6Ф1П. Для устранения отрицательной обратной связи по промежуточной частоте через проходную емкость преобразователь построен по мостовой схеме. Плечи этого моста образованы конденсаторами $C_{16}$, $C_{17}$, проходной емкостью $C_{а.с}$ триода преобразователя и суммарной емкостью конденсаторов $C_{10}+C_{11}+C_{13}$. В диагоналях моста находится катушка первого контура фильтра промежуточной частоты и входная емкость $C_{с.к}$ преобразователя.

Мостовая схема регулируется таким образом, чтобы вводимая положительная обратная связь была бы несколько больше отрицательной обратной связи, обусловленной проходной емкостью преобразователя. Это достигается соответствующим выбором емкости конденсатора $C_{17}$. Положительная обратная связь значительно увеличивает внутреннее сопротивление преобразователя, что приводит к росту его усиления и избирательности.

Пентодная часть второй лампы блока УКВ работает как усилитель промежуточной частоты. Нагрузкой его является фильтр ПЧ, расположенный вне блока.

Промежуточная частота принята равной 8,4*Мгц*. Хотя в блоке для преобразования частоты используется основная частота гетеродина, паразитное излучение блока незначительно. Напряжение гетеродина на входных зажимах блока на частотах 74—82 *Мгц* не превышает 1 *мв*. Такое уменьшение просачивания напряжения гетеродина на вход блока достигнуто за счет использования двухкаскадного усилителя ВЧ; применения в блоке двух мостовых схем, настраиваемых по минимуму излучения; тщательной экранировки каскада гетеродина и всего блока в целом.

Перестройка в диапазоне принимаемых частот осуществляется изменением индуктивности трех контуров: двух контуров УВЧ и гетеродинного контура.

Монтаж блока — объемный. Расположение деталей на шасси блока УКВ и конструктивное исполнение механизма настройки показаны на рис. 19.

Для обеспечения устойчивой работы схемы в блоке установлены две экранирующие перегородки. Эти перегородки расположены таким образом, что они отделяют каскад, построенный на триодной части лампы, от каскада, построенного на пентодной части.

Основные электрические параметры блока следующие: коэффициент усиления блока по напряжению 3 000—5 000 раз (усиление по каскадам: входная цепь — 0,8—0,9; триодный УВЧ — 8; пентодный УВЧ — 20; преобразователь частоты 6—7; усилитель ПЧ на пентоде

4—5); ширина полосы пропускания фильтра ПЧ при ослаблении на 6 *дб* 220—280 *кгц*; ослабление сигнала зеркального канала 42—48 *дб*; напряжение излучения с частотой гетеродина (на гнездах антенны) не более 1 *мв*.

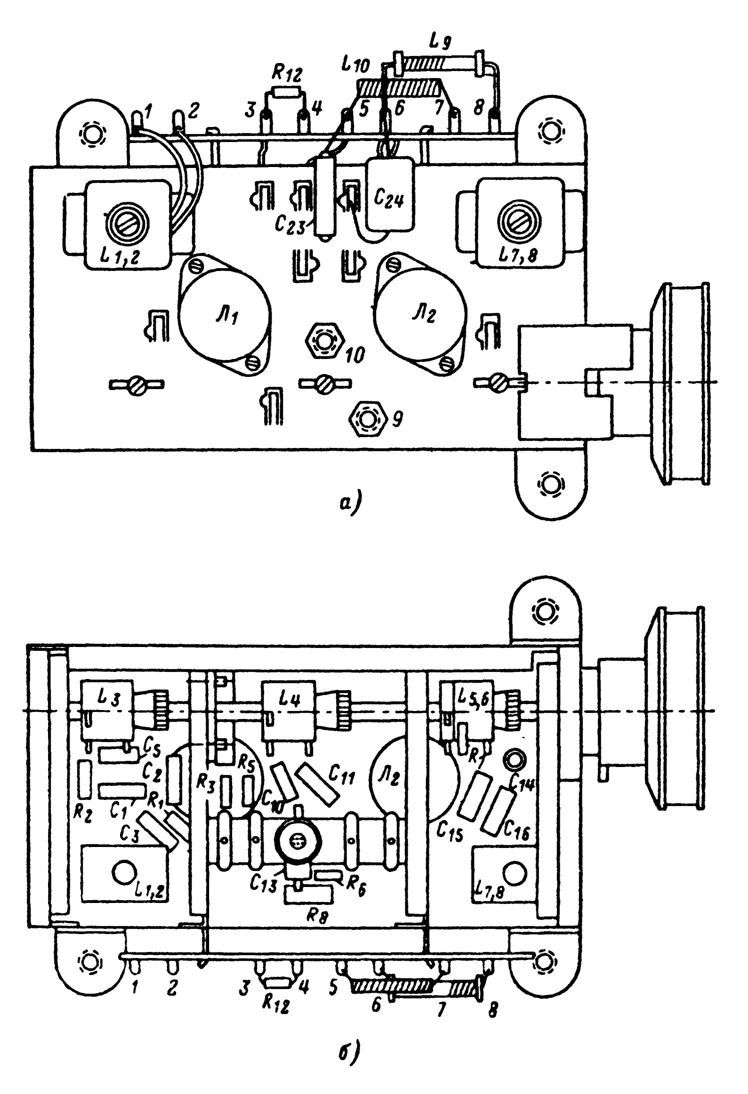



Рис. 19. Расположение деталей в блоке УКВ радиолы «Эстония-4».
*а* — вид сверху; *б* — конструкция механизма настройки (вид со стороны монтажа, дно снято).

**Блок УКВ радиолы «Симфония».** Этот блок (рис. 20) состоит из двухкаскадного усилителя высокой частоты (триод-пентод 6Ф1П) и гетеродинного преобразователя частоты (пентод 6Ж1П в триодном включении).

Так же, как и в блоке УКВ радиолы «Эстония-4», первый каскад УВЧ собран по схеме с общей промежуточной точкой в емкостной ветви сеточного контура (конденсаторы $C_2$ и $C_3$) с использованием мостовой схемы для нейтрализации проходной емкости лампы $C_{а.с}$. Второй каскад УВЧ выполнен по обычной схеме с резонансным контуром в анодной цепи пентодной части лампы 6Ф1П.

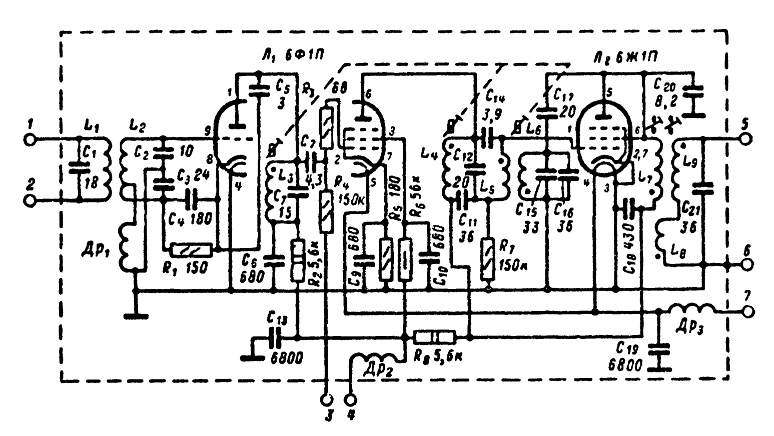



Рис. 20. Схема блока УКВ радиолы «Симфония».

*1, 2* — вход; *3* — АРУ; *4* — $U_а$ (+150 *в*); *5* — выход ПЧ; *6* — корпус; *7* — $U_н$ (~6,3 *в*).

С целью получения малого излучения в диапазоне 71,5—80 *Мгц* в блоке УКВ используется преобразование частоты по второй гармонике гетеродина, при этом контур гетеродина $L_6C_{15}C_{16}$ настраивается на частоты 37,75—40 *Мгц*. С этой же целью гетеродинный преобразователь частоты собран по мостовой схеме, в которой катушка анодного контура усилителя высокой частоты $L_4$ и катушка связи гетеродина $L_5$ включены в разные диагонали сбалансированного моста. Плечи моста образованы конденсаторами $C_{11}$, $C_{12}$, $C_{14}$ и входной емкостью лампы 6Ж1П — $C_{с.к}$.

Если соблюдены условия баланса моста

$$C_{11}C_{14} = C_{12}C_{с.к},$$

то на анодном контуре $L_4C_{11}C_{12}$ отсутствует напряжение гетеродина, а на катушке связи гетеродина отсутствует напряжение сигнала принимаемой частоты.

В анодную цепь гетеродинного преобразователя включен полосовой фильтр $L_7C_{17}C_{20}$ и $L_8L_9C_{21}$, настроенный на промежуточную частоту 6,5 *Мгц*. Мостовая схема перекомпенсации по промежуточной частоте в этом блоке образована конденсаторами $C_{14}$, $C_{18}$, проходной емкостью анод — сетка лампы преобразователя $C_{а.с}$ и суммарной емкостью конденсаторов $C_{17}$, $C_{20}$ и $C_{а.к}$.

Величина перекомпенсации отрицательной обратной связи определяется конденсатором $C_{18}$.

Применение в блоке УКВ двух каскадов УВЧ и использование для преобразования частоты второй гармоники гетеродина позволили снизить напряжение излучения на зажимах антенны на частотах, попадающих в спектр 3 ТВК, до 0,3—0,4 *мв*.

Блок УКВ собран на печатной плате из фольгированного гетинакса и тщательно экранирован. Перестройка по диапазону осуществляется с помощью латунных сердечников, позволяющих изменять индуктивность контура гетеродина и сопряженных с ним двух анодных контуров усилителей высокой частоты.

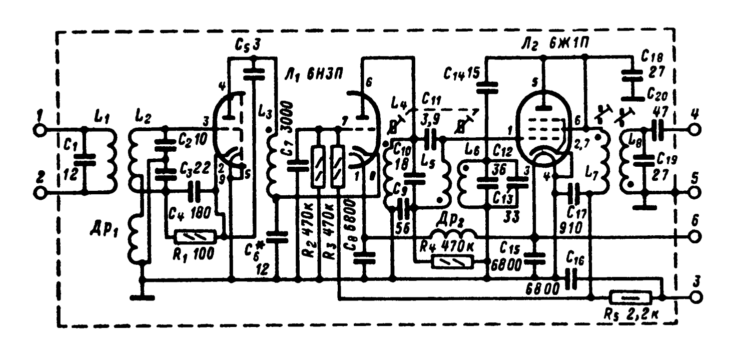



Рис. 21. Схема блока УКВ радиолы «Симфония-2».
*1, 2* — вход; *3* — $U_а$ (+150 *в*); *4* — выход ПЧ; *5* — корпус; *6* — $U_н$ (~6,3 *в*).

**Блок УКВ радиолы «Симфония-2».** Принципиальная схема блока УКВ приведена на рис. 21. Этот блок отличается от блока УКВ радиолы «Симфония» построением усилителя высокой частоты и механизмом настройки. Вместо двухкаскадного УВЧ, собранного на триод-пентоде 6Ф1П, применен каскодный УВЧ на двойном триоде 6Н3П.

В каскодном УВЧ первый триод включен по схеме с общим катодом, второй — с общей сеткой. Каскодная схема позволяет получить большое усиление при малых собственных шумах. По постоянному току триоды лампы 6Н3П включены последовательно и питаются от общего анодного источника. Анодное напряжение первого триода, равное катодному напряжению второго, выбирается такой величины, чтобы оно не превышало допустимого напряжения между катодом и подогревателем.

Для создания нужного смещения на сетке второго триода используется делитель, состоящий из резисторов $R_2$ $R_3$. При этом положительное напряжение, снимаемой с резистора $R_2$, меньше положительного напряжения на катоде этой лампы, т. е. сетка оказывается отрицательной по отношению к катоду.

Нагрузкой триода с общим катодом является малое входное сопротивление второго триода. Связь между каскадами осуществляется через П-образный контур $C_5L_3C_6$. Этот контур оказывается сильно зашунтированным, и его резонансные свойства проявляются слабо. Коэффициент усиления по напряжению первого каскада близок к

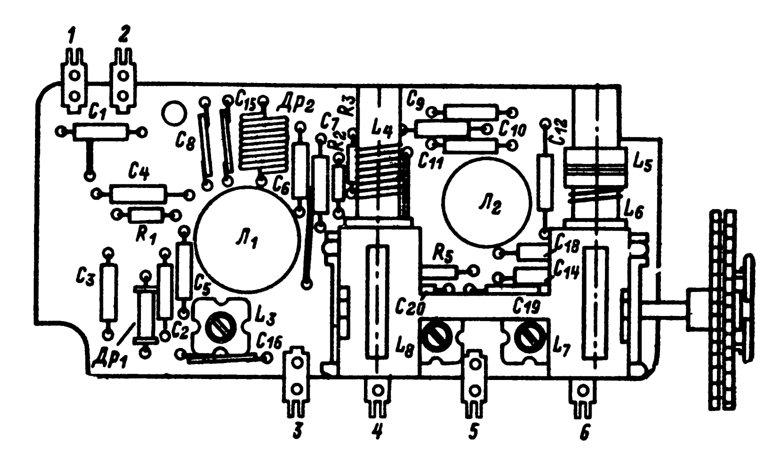



Рис. 22. Расположение деталей на печатной плате блока УКВ радиолы «Симфония-2».

единице. Малое усиление по напряжению первого триода компенсируется большим коэффициентом передачи входной цепи за счет высокого входного сопротивления первого триода, включенного по схеме с общим катодом, а также большим усилением второго каскада УВЧ, собранного по схеме с общей сеткой, нагрузкой которого является контур с большим разонансным сопротивлением. Кроме того, большой коэффициент передачи входной цепи увеличивает отношение сигнал/шум.

Применение каскодной схемы позволило, не изменяя электрических параметров блока, упростить его конструкцию — в блоке используются лишь два перестраиваемых контура (анодный контур второго триода УВЧ и контур гетеродина).

Построение гетеродинного преобразователя выполнено по схеме ранее рассмотренного блока УКВ радиолы «Симфония» с незначительными изменениями (например, исключена из схемы катушка $L_8$).

Расположение элементов схемы на печатной плате блока УКВ показано на рис. 22.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

# ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ БЛОКОВ УКВ НА ТРАНЗИСТОРАХ

## Требования к транзисторным блокам УКВ

По принципу построения схемы блоков УКВ на транзисторах ничем не отличаются от ламповых схем (см. рис. 1). Высокочастотная часть большинства транзисторных приемников с УКВ диапазоном представляет собой функционально законченный автономный узел — блок УКВ.

К транзисторным блокам УКВ предъявляются такие же требования, что и к ламповым. Они должны обеспечивать следующие параметры:

диапазон принимаемых частот должен быть не уже 65,8—73 *Мгц*;

низкий коэффициент шума, при котором реальная чувствительность приемника (при отношении сигнал/шум, равном 26 *дб*) была бы не хуже нескольких микровольт;

достаточный коэффициент усиления (5—20 раз в зависимости от схемы блока);

полосу пропускания фильтра ПЧ 300—600 *кгц*;

ослабление сигнала зеркального канала, сигнала промежуточной частоты и других паразитных каналов приема;

малое излучение с частотой гетеродина;

высокую стабильность частоты гетеродина при изменении окружающей температуры, напряжения питания, величины входного сигнала.

## Построение транзисторных блоков УКВ

**Общие сведения.** Функциональная схема блока УКВ на транзисторах строится, как правило, следующим образом: входная цепь — усилитель высокой частоты — смеситель — гетеродин — фильтр промежуточной частоты.

Чаще всего в схеме блока УКВ используются два транзистора (смеситель и гетеродин выполняются на одном транзисторе). Однако в более высококлассных моделях приемников блок УКВ может быть построен на трех транзисторах (при этом гетеродин выполняется на отдельном транзисторе) и даже на четырех (усилитель высокой частоты строится по каскодной схеме или используется двухкаскадный УВЧ).

Транзисторы, используемые в блоках УКВ, должны иметь высокую граничную частоту усиления по току, низкий коэффициент шума, малые внутренние обратные связи.

В блоках УКВ отечественных радиоприемников в настоящее время применяются транзисторы ГТ-313 и ГТ-322 (группы А и Б).

**Входная цепь.** К входным цепям блока УКВ на транзисторах предъявляются следующие требования: обеспечение минимального коэффициента шума приемника, большого коэффициента усиления по мощности, заданной полосы пропускания, согласования антенны с входным сопротивлением транзистора, используемого в каскаде УВЧ.

В стационарных моделях транзисторных приемников в диапазоне УКВ в качестве приемной антенны, как и в ламповых, чаще всего используется встроенный в футляр приемника петлевой вибратор с волновым сопротивлением 300 *ом*.

В переносных моделях применяется штыревая антенна с сопротивлением 40—75 *ом*. В зависимости от вида используемой антенны входная цепь блока УКВ выполняется симметричной (для первого случая) или несимметричной (для второго случая).

Так как коэффициент перекрытия частоты в диапазоне УКВ мал

$$k_f = \frac{f_{макс}}{f_{мин}} = \frac{73}{65,8} = 1,11,$$

сопротивление полуволнового вибратора можно считать активным во всем диапазоне. Сопротивление штыревой антенны, кроме активной составляющей, содержит в себе индуктивную $L_a$ и емкостную $C_a$. Схема эквивалента штыревой антенны показана на рис. 23. Параметры эквивалента антенны $R_a$, $L_a$ и $C_a$ зависят от размеров футляра приемника, длины и диаметра штыря.

Исходя из выполнения требований, предъявляемых к входной цепи (наибольшего коэффициента передачи и наименьшего уровня шума в заданном диапазоне частот), в наиболее массовых недорогих приемниках обычно используется ненастраиваемая входная цепь, индуктивно связанная с антенной (рис. 24).

Входной контур настраивается на середину диапазона (69,5 *Мгц*), полоса пропускания его выбирается равной 7,5 *Мгц*.

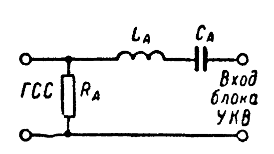



Рис. 23. Схема эквивалента штыревой антенны переносного приемника.

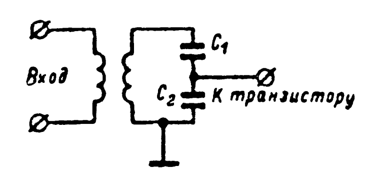



Рис. 24. Схема ненастраиваемой входной цепи.

При такой полосе на вход транзистора УВЧ поступает весь диапазон принимаемых частот без существенного ослабления. Контур нагружен как со стороны антенны, так и со стороны усилителя высокой частоты малыми сопротивлениями. Для получения максимального коэффициента передачи вносимые сопротивления с обеих сторон должны быть одинаковыми. Связь входного контура с транзистором УВЧ обычно выбирается емкостной, так как емкостный делитель наиболее удобен при настройке схемы. Кроме того, две индуктивные связи с одним контуром конструктивно трудно выполнимы.

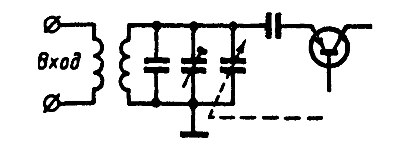



Рис. 25. Схема узкополосной входной цепи.

В высококлассных приемниках, где к блоку УКВ предъявляются очень жесткие требования по обеспечению помехоустойчивого приема в условиях наличия мощных полей мешающих станций, входную цепь делают узкополосной и перестраиваемой (рис. 25).

**Усилитель высокой частоты.** Для обеспечения высокой реальной чувствительности приемника, ослабления сигнала зеркального и других паразитных каналов приема, а также для уменьшения просачивания на вход блока напряжения гетеродина блок УКВ должен содержать каскад УВЧ.

Шумовые свойства транзисторных блоков УКВ, как и ламповых, оцениваются коэффициентом шума. Уровень шумов блока УКВ слагается из уровней шумов входной цепи, УВЧ и преобразователя частоты. Однако коэффициент шума преобразователя прибавляется

к коэффициенту шума каскада УВЧ ослабленным в степени, обратно пропорциональной квадрату величины усиления УВЧ. Поэтому при достаточно большом усилении этого каскада шумами смесителя (преобразователя) можно пренебречь.

Основным источником шумов в каскаде УВЧ на транзисторах являются шумы самого транзистора, обусловленные дискретной структурой тока через переходы и хаотическим тепловым движением носителей.

Условия получения минимального коэффициента шума для транзистора те же, что и для лампы. В транзисторном каскаде коэффициент шума зависит от согласования входа транзистора с источником сигнала и от выбора рабочей точки (от тока эмиттера).

Шумы транзистора, обусловленные его конструкцией, качеством используемых полупроводниковых материалов и т. п., нельзя полностью устранить, однако их можно свести к минимуму, используя транзисторы с высоким значением $\alpha(\beta)$ и $f_{\alpha}(f_{з})$, малыми значениями $r'_{б}$ и выбирая соответствующий режим работы транзистора.

В каскаде УВЧ блоков УКВ обычно используется транзистор ГТ-313Б, имеющий нормированный коэффициент шума (не более 7 *дб*), полученный расчетным путем для частоты 180 *мгц* и сопротивления источника сигнала 75 *ом*. Для этого транзистора оптимальный режим работы с точки зрения шумов следующий: ток эмиттера 2—3 *ма*, напряжение на коллекторе 3—7 *в*.

Величина коэффициента шума почти не зависит от схемы включения транзистора (с общим эмиттером или с общей базой) при условии обеспечения одинакового сопротивления источника сигнала $R_{и}$.

Для расчета высокочастотных цепей при конструировании блоков УКВ используются *y*-параметры транзисторов. Усредненные значения этих параметров транзисторов ГТ-313 для схем включения с общим эмиттером и общей базой, измеренные на частоте 100 *Мгц* при $I_{э}=3$ *ма*, приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Усредненные значения *y*-параметров транзисторов ГТ-313**

| Параметр | Схема включения | |
|---|---|---|
| | с общим эмиттером *мсим* | с общей базой *мсим* |
| $y_{11}$ | 8,8+*j*7,7 | 40—*j* 28 |
| $y_{12}$ | —0,4—*j*0,95 | —0,05—*j* 0,15 |
| $y_{21}$ | 31—*j*36 | —31+*j* 0,35 |
| $y_{22}$ | 0,4+*j*1,1 | 0,4+*j* 1,1 |

Параметр $y_{11}$ представляет собой входную проводимость транзистора при коротком замыкании на выходе.

Параметр $y_{21}$ характеризует степень влияния входного напряжения на выходной ток при коротком замыкании на выходе и назы-

вается проводимостью прямой передачи. По своему значению она аналогична крутизне $S$ электронной лампы и в большой степени определяет усилительные свойства транзистора.

Параметр $y_{12}$ определяет степень влияния выходного напряжения на входной ток при коротком замыкании на входе и называется проводимостью обратной передачи.

Параметр $y_{22}$ представляет собой выходную проводимость транзистора при коротком замыкании на входе.

Значительные трудности при проектировании УВЧ вызываются наличием сильных паразитных обратных связей, к которым относятся: внутренняя обратная связь, обусловленная проводимостью обратной передачи транзистора $y_{12}$, и внешняя обратная связь из-за несовершенства экранировки входных и выходных цепей. Паразитная обратная связь вызывает возбуждение усилителя, взаимозависимость настроек его контуров, сужение полосы пропускания, снижение устойчивости работы усилителя и т. п. Для устранения внешней обратной связи необходимо применять рациональный монтаж высокочастотных цепей. Влияние $y_{12}$ можно уменьшить, используя в усилительном каскаде схемы нейтрализации или каскодное включение транзисторов.

Недостаток схем с нейтрализацией заключается в том, что они компенсируют внутреннюю обратную связь лишь при точном подборе всех элементов, входящих в их состав, и лишь на определенной частоте. К тому же в связи с разбросом параметров транзисторов, в том числе и величины $y_{12}$, для каждого каскада необходима своя нейтрализующая цепь.

Внутренняя обратная связь в схеме включения транзистора с общим эмиттером больше, чем в схеме с общей базой. Хотя схема включения с общим эмиттером и позволяет получить более высокий коэффициент усиления, чаще всего в схемах УВЧ блоков УКВ применяется схема включения с общей базой. Она не требует нейтрализации и обеспечивает более равномерное усиление по диапазону, а на достаточно высоких частотах коэффициенты усиления схем с общим эмиттером примерно одинаковы

При выборе схемы включения необходимо учитывать также

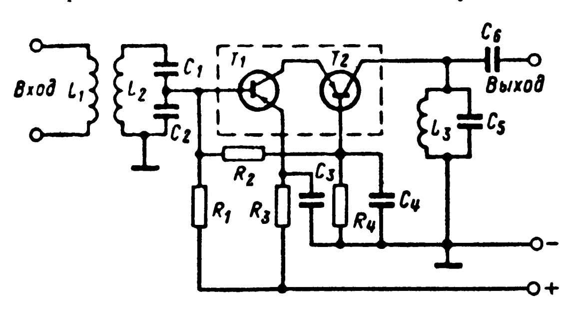



Рис. 26. Схема каскодного усилителя ВЧ.

граничную частоту усиления используемых транзисторов. Высокочастотные транзисторы позволяют использовать схему включения с общим эмиттером, для менее высокочастотных транзисторов необхо-

димо применять включение по схеме с общей базой (предельная частота при этом увеличивается в $|\beta|$ раз, ($|\beta|$ — модуль коэффициента передачи тока на высокой частоте).

Максимальный коэффициент усиления по мощности $K_м$ каскада резонансного УВЧ без нейтрализации определяется отношением $y_{21}/y_{12}$. Иногда для получения большого устойчивого коэффициента усиления применяется так называемое каскодное включение двух транзисторов по схеме общий эмиттер — общая база (рис. 26).

Для такой схемы

$$y_{12к} = -\frac{y_{12э}\, y_{12б}}{y_{22э}\, y_{11б}},$$

где $y_э$ — параметры транзистора в схеме с общим эмиттером;
$y_б$ — для схемы с общей базой;
$y_к$ — параметры каскодной схемы.

Если учесть, что $y_{11б} \gg y_{22э}$, то

$$y_{12к} \approx -y_{12б}\frac{y_{12э}}{y_{11б}}.$$

Обратная проводимость эквивалентного транзистора (каскодного включения ОЭ—ОБ) примерно в 30 раз меньше, чем обратная проводимость транзистора в схеме ОБ. В связи с тем, что проводимость прямой передачи $y_{21}$ (крутизна) в цепочечном включении уменьшается незначительно ($\approx$30%), выигрыш в коэффициенте усиления каскада УВЧ по мощности получается очень большим. Однако вследствие конструктивных и монтажных паразитных связей реализовать такое усиление не представляется возможным. Практически эта схема позволяет увеличить коэффициент устойчивого усиления на 10—12 *дб*.

В коллекторную цепь транзистора УВЧ включается одиночный резонансный контур или полосовой фильтр в зависимости от предъявляемых требований по избирательности. Контур УВЧ нагружен так же, как и входной контур, с двух сторон. Со стороны коллектора к нему подключается выходное сопротивление транзистора (несколько килоом). Нагрузкой контура УВЧ является входное сопротивление преобразователя частоты (примерно 30—50 *ом*). Для обеспечения требуемой избирательности связь контура УВЧ с транзистором преобразователя обычно осуществляется через конденсатор малой емкости (3—5 *пф*).

**Преобразователь частоты.** В блоках УКВ на транзисторах используются преобразователи частоты двух типов: преобразователи с отдельным гетеродином и гетеродинные преобразователи на одном транзисторе.

Основным достоинством преобразователей с отдельным гетеродином является возможность выбора оптимального режима работы обоих транзисторов. Преобразователь должен работать на криволинейном участке характеристики при небольшом токе коллектора, а стабильная работа гетеродина обеспечивается при сравнительно больших токах. В гетеродинном преобразователе частоты на одном транзисторе трудно подобрать оптимальный режим работы, поэтому он работает с меньшей стабильностью при значительных нелинейных искажениях.

Однако с экономической точки зрения в схемах блоков УКВ преобразование частоты наиболее часто осуществляется с помощью

одного транзистора, выполняющего три функции: генерирование колебаний, смешение сигналов и усиление сигнала промежуточной частоты. Схема гетеродинного преобразователя частоты приведена на рис. 27.

Обычно в блоках УКВ для радиовещательных приемников частота гетеродина выбирается выше частоты принимаемого сигнала. С целью уменьшения паразитного излучения гетеродина на частотах, попадающих в спектр 3-го телевизионного канала (77,25—83,75 Мгц), для преобразования частоты иногда используется вторая гармоника гетеродина.

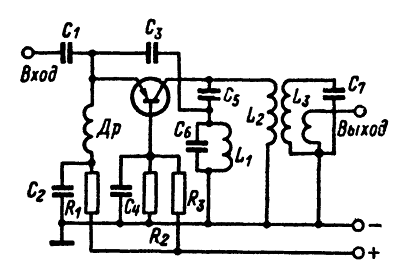



Рис. 27. Схема преобразователя частоты с совмещенным гетеродином.

Упрощенная схема гетеродина приведена на рис. 28. Частота настройки гетеродина в основном определяется параметрами контура $L_к C_к$. Напряжение обратной связи с контура через конденсатор $C_{о.с}$ подается на эмиттер. В цепи эмиттера включен дроссель $L_{др}$, служащий для обеспечения условий самовозбуждения (баланса фаз) гетеродина. Гетеродин работает, как генератор с самовозбуждением в схеме с общей базой. На высоких частотах такая схема используется в связи с тем, что в схеме с общим эмиттером граничная частота транзистора значительно меньше (в $|\beta|$ раз).

Работу генератора удобно проследить по векторной диаграмме токов и напряжений, приведенной на рис. 29.

Ток коллектора связан с управляющим переменным напряжением, приложенным к зажимам эмиттер — база, следующим соотношением:

$$I_2 = y_{21} U_1 e^{j\varphi}.$$

На частотах УКВ диапазона поворот фазы крутизны составляет примерно —90°. За счет переменного тока коллектора $I_2$ на настроенном контуре $L_к$ $C_к$ возникает напряжение $U_2$, находящееся в фазе с током $I_2$. Это напряжение воздействует через конденсатор обратной связи $C_{о.с}$ и другие детали схемы на входной переменный

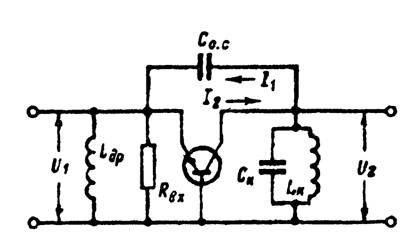



Рис. 28. Упрощенная схема гетеродина по схеме с общей базой для частот УКВ диапазона.

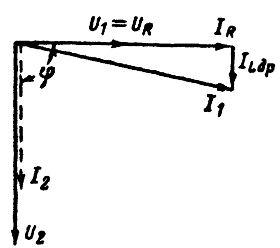



Рис. 29. Векторная диаграмма токов и напряжений.

ток $I_1$. Так как реактивное сопротивление конденсатора $C_{o.c}$ велико по сравнению с входным сопротивлением транзистора по переменному току, то ток $I_1$ является емкостным реактивным током, который опережает переменное напряжение почти на 90° (не полные 90° из-за наличия активной составляющей входного сопротивления транзистора $R_{вх}$). Ток $I_1$ является причиной возникновения напряжения обратной связи $U_{o.c}$, которое находится не в фазе с напряжением $U_1$. С помощью включения добавочной индуктивности $L_{др}$ можно достигнуть правильной фазировки между напряжением обратной

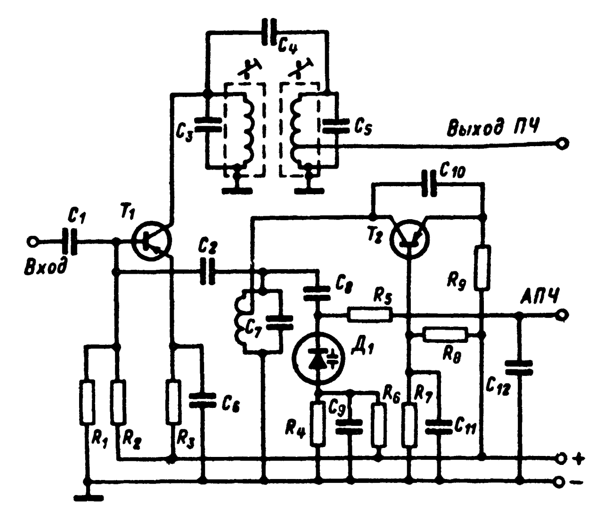



Рис. 30. Схема преобразователя частоты с отдельным гетеродином.

связи и входным напряжением. При этом условия баланса фаз будут обеспечены.

Так как баланс фаз зависит от параметров транзистора, а они имеют большие разбросы, то для использования в качестве гетеродинного преобразователя частоты практически любых транзисторов иногда конструкцию дросселя выбирают такой, чтобы можно было изменять его индуктивность в небольших пределах (примерно в 2 раза). Практически индуктивность дросселя находится в пределах 0,5—1,5 *мкгн.*

Как усилитель промежуточной частоты транзистор работает тоже в схеме с общей базой (рис. 27). В коллекторную цепь преобразователя частоты включен полосовой фильтр, состоящий из двух связанных контуров, на котором выделяется напряжение промежуточной частоты. Емкость связи контура гетеродина с коллектором транзистора $C_5$ является одновременно емкостью первого контура фильтра ПЧ. Необходимая полоса пропускания (250—400 *кгц* на уровне 6 *дб*) обеспечивается величиной связи между контурами фильтра ПЧ. Для согласования входного сопротивления тракта ПЧ

с выходным сопротивлением преобразователя служит дополнительная обмотка $L_4$, индуктивно связанная с катушкой второго контура фильтра ПЧ.

С целью повышения стабильности частоты гетеродина в условиях приема сигнала с изменяющимся в широких пределах уровнем (это особенно важно в автомобильных приемниках высокого класса) в некоторых блоках УКВ преобразователь частоты выполняется по схеме с отдельным гетеродином (рис. 30).

Гетеродин построен по схеме с общей базой с использованием емкостной обратной связи между эмиттером и коллектором при помощи конденсатора небольшой величины $C_{10}$ (1,5—5 *пф*).

Для повышения стабильности частоты гетеродина принимаются специальные меры: слабая связь контура гетеродина с транзистором и гетеродина со смесителем, стабилизация напряжения питания, применение конденсаторов с необходимым температурным коэффициентом емкости (ТКЕ). Кроме того, в приемниках высокого класса применяется система автоматической подстройки частоты гетеродина. Принцип работы системы АПЧ поясняется блок-схемой (рис. 31).

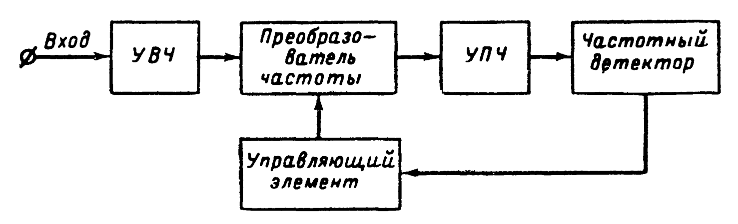



Рис. 31. Блок-схема системы АПЧ.

При отклонении частоты гетеродина, а следовательно, и промежуточной частоты от номинального значения на величину $\Delta f$ на выходе частотного детектора появится управляющее напряжение $U_у$, величина которого пропорциональна расстройке $\Delta f$. Это напряжение воздействует на элемент, управляющий частотой гетеродина, таким образом, что разность частот гетеродина и принимаемого сигнала приближается к номинальному значению промежуточной частоты. В качестве управляющего элемента в транзисторных блоках УКВ используются варикапы Д-901 или Д-902 (диоды, емкость которых изменяется в зависимости от величины приложенного к ним запирающего напряжения). При изменении запирающего напряжения меняется емкость диода, а следовательно, и частота гетеродина. Эффективность системы АПЧ оценивается коэффициентом автоподстройки, который выражается отношением величины начальной расстройки $\Delta f_н$ без действия системы АПЧ к величине остаточной расстройки $\Delta f_о$, к которой сводится начальная расстройка при включении системы АПЧ:

$$k = \frac{\Delta f_н}{\Delta f_о} .$$

Величина остаточной расстройки тем меньше, чем больше коэффициент автоподстройки, который зависит от крутизны характе

ристики частотного детектора $S_д$ (*в/кгц*) и крутизны характеристики управляющего элемента $S_у$ (*кгц/в*) и определяется выражением

$$k = 1 - S_д\ S_у\ .$$

Для правильной работы системы АПЧ необходимо, чтобы коэффициент $k$ был больше единицы и чтобы знаки крутизн $S_д$ и $S_у$ были противоположны, так как при увеличении частоты гетеродина относительной точной настройки частотный детектор должен создать напряжение такой полярности, чтобы под его воздействием управляющий элемент уменьшил частоту гетеродина. Чем больше $S_д$ и $S_у$, тем больше коэффициент автоподстройки. Увеличение $S_д$ ограничивается полосой пропускания частотного детектора. Увеличение же $S_у$ зависит от выбора рабочей точки на характеристике управляющего элемента и степени его включения в колебательный контур. Чем больше коэффициент включения варикапа в контур гетеродина, тем больше сказывается его управляющее действие.

Перестройка контура гетеродина и сопряженного с ним контура УВЧ в диапазоне принимаемых частот осуществляется различными способами:

1) агрегатами переменных индуктивностей, когда изменение частоты настройки контуров осуществляется за счет перемещения металлических или ферритовых сердечников в поле катушек;

2) блоками конденсаторов переменной емкости (КПЕ);

3) диодами с переменной емкостью (варикапами), включенными параллельно перестраиваемому контуру. Изменение емкости диодов осуществляется изменением управляющего напряжения с помощью потенциометра. Для изменения частоты гетеродина в небольших пределах (при настройке блока УКВ) обычно используются подстроечные конденсаторы или сердечники катушек индуктивности.

Транзистор смесителя обычно включается по схеме с общим эмиттером, так как эта схема позволяет получить большее усиление на промежуточной частоте по сравнению со схемой с общей базой.

Частоты входного и выходного сигналов смесителя различны, паразитная обратная связь за счет проводимости $y_{12}$ значительно уменьшается и необходимость ее нейтрализации отпадает.

На смеситель подаются сигналы с выхода УВЧ и с контура гетеродина. Эти сигналы могут подаваться двумя способами: на один электрод или на разные электроды транзистора. В схеме с общим эмиттером для первого способа оба сигнала подаются на базу, для второго — напряжение сигнала на базу, а напряжение гетеродина на эмиттер. Связь смесителя с гетеродином наиболее часто выбирается емкостной.

Режим работы смесителя выбирается таким, чтобы обеспечить максимальный коэффициент преобразования и усиления промежуточной частоты. Коэффициент преобразования зависит от величины напряжения гетеродина, подводимого к базе смесителя. Оптимальная величина этого напряжения 150—250 *мв*. Иногда для уменьшения излучения с частотой гетеродина напряжение, подводимое к смесителю, уменьшают до 50—100 *мв*.

С целью уменьшения вероятности возникновения дополнительных (паразитных) каналов приема при воздействии на вход приемника сильных сигналов полезных и мешающих станций в некоторых транзисторных блоках УКВ значение промежуточной частоты выбрано несколько иным, чем в ламповых блоках. Одним из возможных случаев возникновения паразитных каналов приема под воздей-

ствием сильных входных сигналов может быть случай, когда приемник эксплуатируется в непосредственной близости от телецентра и на его вход попадает сильный телевизионный сигнал. Этот сигнал состоит из несущей сигнала изображения и несущей звукового сигнала; разность между этими несущими равна 6,5 *Мгц*.

В связи с этим в блоках УКВ на транзисторах, в которых для преобразования частоты используется вторая гармоника гетеродина («Рига-101», «Рига-103» и др.), для уменьшения вероятности возникновения помехи за счет биений между несущими частоты звука и изображения используется промежуточная частота 6,8 *Мгц*.

В транзисторных блоках УКВ с преобразованием частоты на первой гармонике гетеродина промежуточная частота принимается равной 10,7 *Мгц*.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

# БЛОКИ УКВ НА ТРАНЗИСТОРАХ

## Блоки УКВ для сетевых приемников и радиол

Первыми отечественными приемниками, построенными полностью на транзисторах и имеющими УКВ диапазон, были настольные приемники «Аусма» и «Минск-62». В блоках УКВ этих приемников использовались транзисторы типа П-411, которые в настоящее время в радиовещательной аппаратуре не используются.

Блок УКВ сетевых радиоприемников и радиол «Рига-101» и «Рига-102» является унифицированным. Он предназначается для установки в модели приемников первого класса. Блоку присвоено название УКВ1-С300-6,8РП, которое расшифровывается следующим образом: буква С обозначает, что блок предназначен для работы в диапазоне УКВ, принятом в Советском Союзе, 65,8—73 *Мгц*; цифра 300 обозначает величину волнового сопротивления антенны, на работу с которой приемник рассчитан, цифра 6,8— номинальное значение промежуточной частоты; буква Р — наличие автоматической регулировки усиления; буква П — наличие автоматической подстройки частоты.

Схема унифицированного блока УКВ1-С300-6,8РП приведена на рис. 32.

Блок УКВ построен на двух высокочастотных транзисторах типа ГТ-313. Первый транзистор $T_1$ (ГТ-313Б), имеющий меньший уровень собственных шумов, работает в качестве усилителя высокой частоты, второй — $T_2$ (ГТ-313А) — в качестве гетеродинного преобразователя частоты. Оба транзистора включены по схеме с общей базой. Входная цепь — широкополосная, ненастраиваемая. Антенная катушка $L_1$ намотана на одном каркасе с контурной катушкой $L_2$ между витками последней. Подстройка входного контура производится высокочастотным ферритовым сердечником марки 13ВЧ1. Связь контура с транзистором $T_1$ осуществляется через емкостный делитель $C_1$, $C_2$. Коллектор транзистора $T_1$ подключен к части контура УВЧ, что в некоторой степени уменьшает просачивание напряжения гетеродина к входным зажимам блока УКВ. С этой же целью

(для уменьшения паразитного излучения) в блоке УКВ используется преобразование на второй гармонике гетеродина.

Каскад УВЧ блока УКВ охвачен автоматической регулировкой усиления. Напряжение регулировки, подводимое из тракта ПЧ к базе транзистора $T_1$, вызывает изменение тока эмиттера, что в свою очередь изменяет коэффициент усиления блока.

Для уменьшения перегрузок и предотвращения ухода частоты гетеродина блока УКВ при сильных входных сигналах (десятки — сотни милливольт) параллельно контуру УВЧ включен ограничительный диод типа Д-20. За счет протекания коллекторного тока через резистор $R_4$ на диод подается начальное смещение (около 0,2 *в*), определяющее величину сигнала, при котором начинает работать система ограничения усиления.

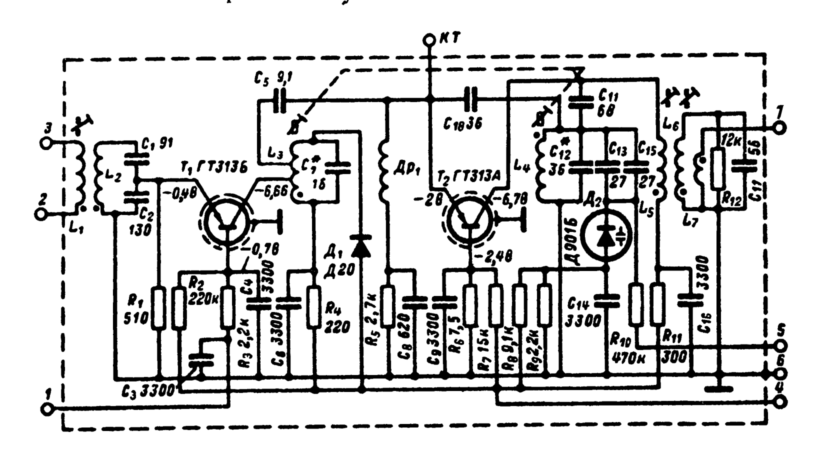



Рис. 32. Схема унифицированного блока УКВ1-С300-6,8РП.

*1* — АРУ (—0,7 *в*); *2—3* — вход; *4* — напряжение питания (—6,8 *в*); *5* — АПЧ; *6* — корпус; *7* — выход ПЧ.

Для обеспечения требуемого ослабления зеркального канала связь контура УВЧ с гетеродинным преобразователем выбирается достаточно слабой. Эта связь осуществляется через конденсатор малой емкости $C_5$, который подключается к части контура УВЧ.

Транзистор гетеродинного преобразователя частоты $T_2$ выполняет три функции: генерирование колебаний, смешение принимаемого сигнала с гетеродинным и усиление сигнала промежуточной частоты. Для преобразования частоты используется вторая гармоника гетеродина, которая выше частоты сигнала на величину промежуточной частоты 6,8 *Мгц*. Напряжение обратной связи с контура гетеродина через конденсатор $C_{10}$ подается на эмиттер $T_2$. Для компенсации фазового сдвига (обеспечение условий самовозбуждения), возникающего в транзисторе на высоких частотах, в цепи обратной связи включен дроссель.

Нагрузкой гетеродинного преобразователя частоты служит полосовой фильтр, настроенный на промежуточную частоту. Конден-

сатор $C_{11}$ является одновременно емкостью первого контура ФПЧ и емкостью связи контура гетеродина с коллектором. Связь между контурами ФПЧ — индуктивная. Расстояние между центрами катушек $L_5$ и $L_6$ равно 17 *мм.* С катушки связи $L_7$ второго контура ФПЧ сигнал поступает на выход блока УКВ.

В блоке УКВ применена автоматическая подстройка частоты гетеродина, осуществляемая изменением емкости варикапа Д-901Б, входящей в гетеродинный контур. Для увеличения стабильности частоты при изменении температуры варикап включается в контур через равные по величине и включенные параллельно конденсаторы $C_{13}$ и $C_{15}$, имеющие противоположный по знаку температурный коэффициент емкости (ТКЕ).

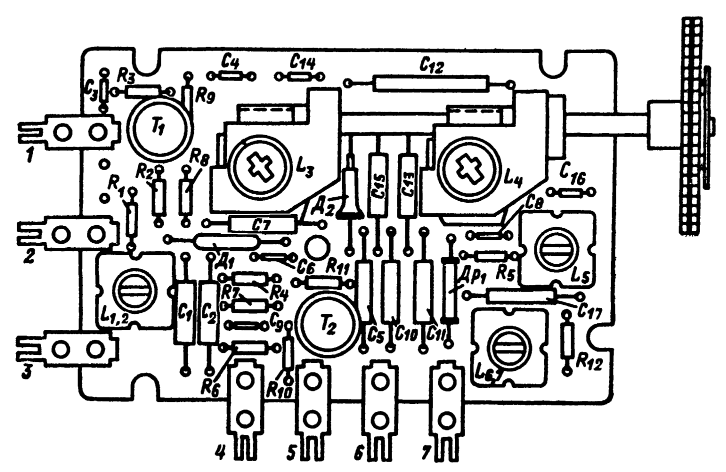



Рис. 33. Расположение деталей на печатной плате блока УКВ1-С300-6,8РП.

Конструкция блока УКВ выбрана исходя из условия обеспечения минимального паразитного излучения на основной частоте гетеродина и его гармониках. Этот параметр зависит не только от рационального построения электрической схемы блока, но и в значительной степени определяется его конструкцией.

Конструктивно блок выполнен в виде экранированного узла. Монтаж блока — печатный, на плате из фольгированного стеклотекстолита. Печатная плата с установленными на ней элементами схемы и механизмом настройки (рис. 33) закреплена на литом основании с помощью четырех винтов. Это обеспечивает надежный контакт «земляного» поля печатной платы с основанием. Экран крепится к основанию сверху одним винтом с помощью вертикальной колонки, причем для обеспечения более надежного контакта между экраном и основанием по всему периметру стенки последнего имеют конусообразную форму.

Настройка блока осуществляется перемещением латунных сердечников внутри катушек контуров гетеродина и УВЧ. Применение механизма настройки с вертикальным расположением катушек поз-

волило уменьшить размеры блока УКВ. Принятая конструкция механизма настройки обеспечивает возможность осевого перемещения сердечников относительно друг друга, что необходимо при установлении крайних частот диапазона и при сопряжении контуров УВЧ и гетеродина. Это позволяет не использовать в высокочастотных контурах блока УКВ подстроечные конденсаторы. Форма латунных сердечников в контурах УВЧ и гетеродина отличается друг от друга и подобрана таким образом, чтобы при сопряжении в одной точке (на средней частоте диапазона) коэффициент усиления блока был равномерным по всему диапазону.

Ход механизма настройки (перемещение сердечников в одном направлении) равен 12 *мм*. Такая величина хода позволяет, не изменяя конструкции механизма настройки, применять его как в блоках УКВ на отечественный диапазон частот 65,8—73 *Мгц* (перекры-

Таблица 5

**Моточные данные катушек индуктивности унифицированного блока УКВ1-С300-6,8РП для радиоприемников и радиол I класса («Рига-101», «Рига-102» и др.)**

| Обозначение по схеме | Число витков | Марка и диаметр провода, *мм* | Индуктивность, *мкгн* | Добротность (не менее) | Тип и размер сердечника, *мм* | Конструкция |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $L_1$ | 4,25 | ПЭВ-1-0,3 | 0,13 | 100 | 13ВЧ1 ⌀2,86 $l=8$ | Однослойные, на одном каркасе, шаг намотки 2 *мм* |
| $L_2$ | 3,75 | Медный луженый 0,8 | 0,09 | 100 | | |
| $L_3$ | 7 (отвод от 2,75 и 4,25 витка) | Медный луженый 0,8 | 0,2 | 200 | Латунный | Однослойная, шаг намотки 1,7 *мм* |
| $L_4$ | 7 | Медный луженый 0,8 | 0,2 | 200 | Латунный | Однослойная, шаг намотки 1,7 *мм* |
| $L_5$ | 27 | ПЭВ-1-0,12 | 8,5 | 100 | 100НН ⌀2,86 $l=14$ | Однослойная, рядовая |
| $L_6$ | 30 | ПЭВ-1-0,12 | 9,7 | 100 | 100НН ⌀2,86 $l=14$ | Однослойные, рядовые, на одном каркасе |
| $L_7$ | 5,25 | ПЭВ-1-0,12 | — | — | — | — |
| $Др_1$ | 50±5 | ПЭЛ-0,1 | — | — | — | Однослойная, рядовая, на каркасе ⌀ 2 *мм* |

тие по частоте — 7,2 *Мгц*), так и в блоках на европейский диапазон частот 87,5—104 *Мгц* (перекрытие по частоте — 16,5 *Мгц*).

Моточные данные катушек блока УКВ приведены в табл. 5, а электрические параметры блока УКВ — в табл. 6.

Таблица 6

**Электрические параметры унифицированного блока УКВ1-С300-6,8РП для радиол и радиоприемников I класса («Рига-101», «Рига-102» и др.)**

| Наименование параметров | Величина | Примечание |
|---|---|---|
| Номинальное напряжение питания, *в* | 6,8 | |
| Потребляемый ток, *ма* | 3,5 | |
| Напряжение, подаваемое в цепь АРУ, *в* | 0,7 | |
| Диапазон принимаемых частот не уже, *Мгц* | 65,8—73 | |
| Коэффициент усиления по напряжению не менее, раз | 10 | При $R_{вх}$=300 *ом* и $R_{н}$=1,2 *ком* |
| Промежуточная частота, *Мгц* | 6,8 | |
| Ширина полосы пропускания ФПЧ, *кгц* | 220—380 | При ослаблении на 6 *дб* |
| Ослабление сигнала зеркального канала не менее, *дб* | 22 | |
| Ослабление сигнала промежуточной частоты не менее, *дб* | 40 | |
| Крутизна АПЧ не менее, *Мгц/в* | 0,7 | |
| Напряжение второй гармоники гетеродина на входе блока не более, *мв* | 1,5 | |
| Напряженность поля излучения второй гармоники гетеродина не более, *мкв/м* | 150 | При установке блока в приемник на расстоянии 3 *м* от приемника |

Для унифицированных настольных транзисторных приемников и радиол второго класса («Мезон-201» и др.) используется блок УКВ-С300-6,8Р, отличающийся от вышеописанного блока УКВ лишь отсутствием системы АПЧ (о чем говорит отсутствие буквы П в названии блока). Для обоих типов блоков УКВ используется единая печатная плата с той лишь разницей, что в блоках, в которых отсутствует система АПЧ, не устанавливаются элементы $C_{14}$, $C_{15}$, $R_8$, $R_9$, $R_{10}$ и диод $Д_2$. Электрические параметры и моточные данные катушек унифицированного блока УКВ1-С300-6,8Р для приемников и радиол II класса такие же, как в блоке УКВ1-С300-6,8РП (табл. 5, 6).

В транзисторном переносном радиоприемнике I класса «Рига-103» используется унифицированный блок УКВ1-С75-6,8РП. Он отличается от рассмотренного блока УКВ стационарного приемника «Рига-101» лишь входной катушкой, рассчитанной на подключение штыревой антенны с сопротивлением около 75 *ом*. В печатной плате унифицированного блока УКВ1 имеются два отверстия (рис. 33) для перемычки, замыкающей один конец симметричной антенной катушки на общий провод.

Коэффициент усиления блока приемника «Рига-103» в 2 раза больше, чем блока УКВ1-С300-6,8РП, а остальные параметры соответствуют табл. 6.

Блок УКВ переносного радиоприемника II класса «Океан» построен на двух транзисторах типа ГТ-322А (рис. 34). Первый транзистор $T_1$ работает в качестве усилителя высокой частоты, второй

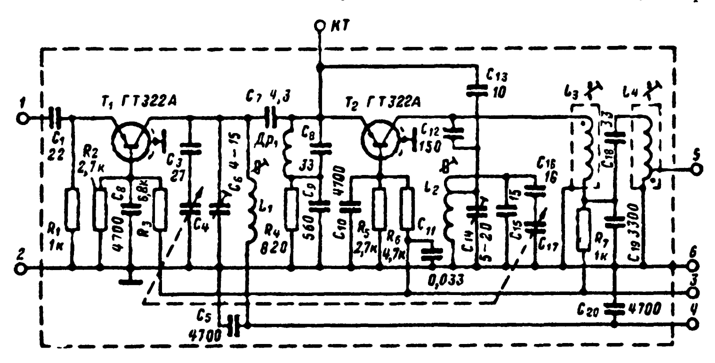



Рис. 34. Схема блока УКВ переносного радиоприемника «Океан».

*1* — вход; *2*, *6* — корпус; *3* — напряжение питания (—4 *в*); *4* — АРУ (—1,6 *в*); *5* — выход ПЧ.

$T_2$ — в качестве гетеродинного преобразователя частоты. Оба транзистора включены по схеме с общей базой. Для перестройки диапазона принимаемых частот (65,8—73 *Мгц* или 87,5—108 *Мгц*) в блоке УКВ используется малогабаритный двухсекционный конденсатор переменной емкости с воздушным диэлектриком, который вместе со всеми остальными элементами схемы устанавливается на печатную плату (рис. 35).

Сигнал с антенны подается через конденсатор $C_1$ непосредственно на эмиттер транзистора $T_1$. Входное сопротивление транзистора в схеме с общей базой на частотах 70—100 *Мгц* составляет 40—50 *ом*. Оно оказывается практически согласованным с сопротивлением антенны без использования входного контура. Требуемое ослабление сигнала зеркального канала обеспечивает один резонансный контур УВЧ $L_1C_3C_4C_6$, имеющий высокую конструктивную добротность. Контур через конденсатор $C_7$ слабо связан с преобразователем частоты. Гетеродин выполнен по схеме с емкостной обратной связью через конденсатор $C_{13}$. Дроссель и конденсатор в цепи эмит-

тера служат для создания условий самовозбуждения гетеродина (баланса фаз). От эмиттера транзистора $T_2$ через экран блока УКВ выведена контрольная точка *КТ*, которая используется для проверки отдельно преобразователя при настройке блока. Частота гетеродина выбрана выше частоты принимаемого сигнала.

В коллекторную цепь преобразователя частоты включен двухконтурный фильтр, настроенный на частоту 10,7 *Мгц*. Сопряжение контуров гетеродина и УВЧ производится подстроечными конденсаторами $C_6$ и $C_{14}$ и латунными сердечниками контурных катушек $L_1$ и $L_2$.

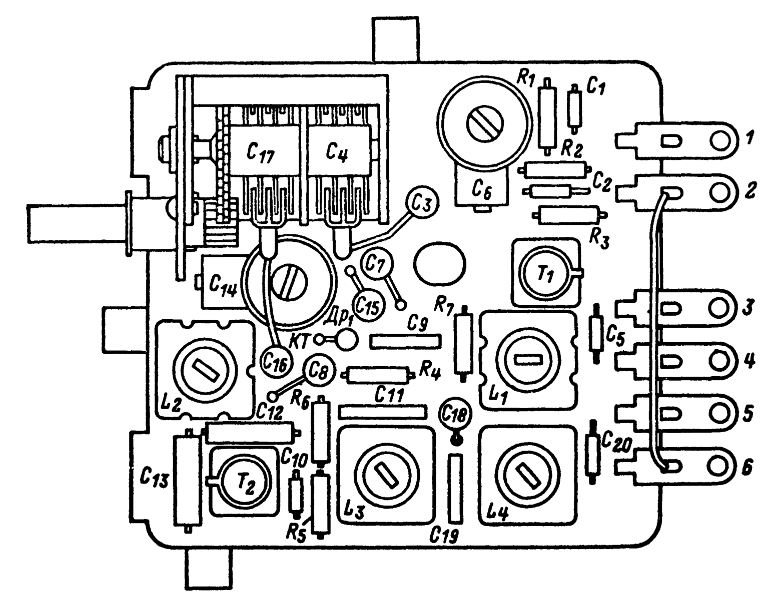



Рис. 35. Расположение деталей на печатной плате блока УКВ радиоприемника «Океан».

Каскад УВЧ блока УКВ охвачен системой АРУ. Напряжение АРУ подается в цепь коллектора $T_1$ из тракта промежуточной частоты. Начальное напряжение на коллекторе равно 1,6 *в*. Система АРУ работает таким образом, что при увеличении уровня входного сигнала это напряжение уменьшается, усиление каскада падает.

Для обеспечения надежного контакта общего поля печатной платы с литым основанием блока УКВ к печатной плате припаяно несколько полосок из тонкой фольги (рис. 35). Это позволяет несколько снизить паразитное излучение с частотой гетеродина.

Основные электрические параметры блока УКВ следующие:
коэффициент усиления по напряжению — не менее 10 раз;
ослабление сигнала зеркального канала — 28—32 *дб*;
ослабление сигнала промежуточной частоты — 58—60 *дб*;
напряжение гетеродина на входе блока УКВ — 0,6—1,2 *мв*.

Таблица 7

**Моточные данные катушек индуктивности блока УКВ приемника «Океан»**

| Обозначение по схеме | Число витков | Марка и диаметр провода, *мм* | Тип сердечника | Тип намотки |
|---|---|---|---|---|
| $L_1$ | 6,75 | Медный ∅0,4 | Латунь | Однослойная, с шагом |
| $L_2$ | 5,5 | Медный ∅0,4 | Латунь | Однослойная, с шагом |
| $L_3$ | 9 | ПЭВ 0,2 | 100НН | Секционированная |
| $L_4$ | 1+17 | ПЭВ 0,2 | 100НН | Секционированная |
| Др$_1$ | 20 | ПЭВ 0,2 | — | Однослойная, рядовая |

В переносном радиоприемнике III класса «Спорт-3» блок УКВ построен также на двух транзисторах, но схема его (рис. 36) несколько отличается от схемы блока УКВ приемника «Океан».

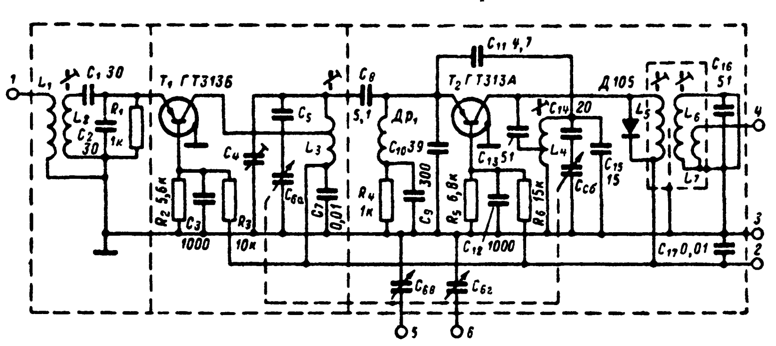



Рис. 36. Схема блока УКВ радиоприемника «Спорт-3».

*1* — вход; *2* — $U_п$ (—6 *в*); *3* — корпус; *4* — выход ПЧ; *5, 6* — секции КПЕ диапазонов ДВ, СВ, КВ.

Первый транзистор ГТ-313Б, имеющий малый коэффициент шума, используется в каскаде УВЧ. В гетеродинном преобразователе частоты используется транзистор ГТ-313А.

Для настройки на принимаемый сигнал в приемнике «Спорт-3» используется четырехсекционный конденсатор переменной емкости. Две секции КПЕ используются для УКВ диапазона, две другие — для ДВ, СВ и КВ. Конструктивно КПЕ расположен в блоке УКВ, на печатной плате (рис. 37).

Входная цепь блока УКВ рассчитана на работу со штыревой антенной. Параметры эквивалента антенны, используемой в приемнике «Спорт-3» (рис. 23), следующие: $L_а$ = 0,26 *мкгн*, $C_а$ = 6,2 *пф*, $R_а$ =

$=13$ *ом*. Входной контур $L_2C_1C_2$ настроен на среднюю частоту диапазона 69,5 *Мгц* и имеет полосу пропускания, перекрывающую весь диапазон принимаемых частот 65,8—73 *Мгц*. Связь контура с антенной — индуктивная. Антенная катушка $L_1$ и контурная $L_2$ намотаны на одном каркасе на расстоянии 3 *мм* друг от друга.

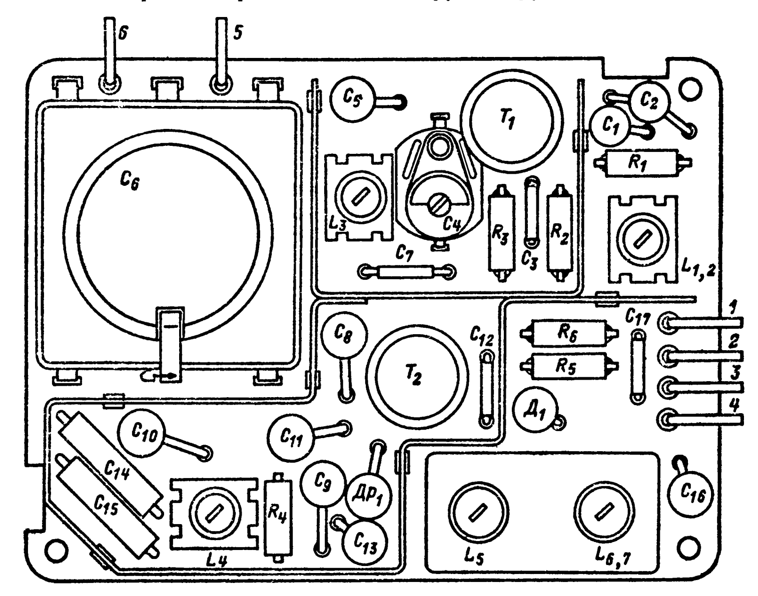



Рис. 37. Расположение деталей на печатной плате блока УКВ радиоприемника «Спорт-3».

В коллекторную цепь $T_1$ включен резонансный контур. Сопряжение настройки этого контура с контуром гетеродина осуществляется изменением индуктивности контурной катушки $L_3$ с помощью сердечника и емкости подстроечного конденсатора $C_4$.

Схема преобразователя частоты такая же, как в рассмотренном ранее блоке УКВ приемника «Океан». Отличием является отсутствие подстроечного конденсатора в контуре гетеродина. Фильтр ПЧ настроен на промежуточную частоту 10,7 *Мгц*. Связь контуров полосового фильтра — индуктивная. Величина связи определяется расстоянием между контурными катушками и высотой экранирующей перегородки между ними. Для увеличения конструктивной добротности контуров намотка катушек производится с шагом. Параллельно первому контуру фильтра ПЧ включен диод Д-105, работающий в качестве ограничителя при больших входных сигналах.

Преобразователь частоты, каскад УВЧ и входной контур отделены друг от друга экранирующими перегородками, которые устанавливаются на печатной плате при помощи пайки. При малых размерах блоков УКВ такие перегородки применяются, чтобы уменьшить связь между каскадами и ослабить просачивание на вход блока УКВ напряжения гетеродина.

Блок питается напряжением 6 *в*. Гетеродин работает устойчиво при уменьшении питания блока до 2,5—3 *в*.

Основные электрические параметры блока УКВ:

коэффициент усиления по напряжению при сопротивлении нагрузки 300 *ом* (с учетом эквивалента антенны) — 5—8 раз;

полоса пропускания фильтра ПЧ при ослаблении 6 *дб* — 250—400 *кгц*;

ослабление сигнала зеркального канала — 26—30 *дб*;

напряжение излучения гетеродина на зажимах эквивалента антенны — 100—250 *мкв*.

Таблица 8

**Моточные данные катушек индуктивности блока УКВ радиоприемника «Спорт-3»**

| Обозначение по схеме | Число витков | Марка и диаметр провода, *мм* | Материал сердечника | Индуктивность, *мкгн* | Тип намотки |
|---|---|---|---|---|---|
| $L_1$ | 5,75 | ПЭВТЛ-1 0,18 | Карбонильное железо | 0,48 | Однослойные, рядовые |
| $L_2$ | 4,75 | ПЭВТЛ-1 0,18 | То же | 0,2 | Однослойные, рядовые, на каркасе $L_1$ |
| $L_3$ | 3,25+4,25 | Медный луженый 0,5 | » » | 0,32 | Однослойная, шаг 1 *мм* |
| $L_4$ | 2,5+2,75 | Медный луженый 0,5 | » » | 0,16 | Однослойная, шаг 1 *мм* |
| $L_5$ | 35 | ПЭВТЛ-1 0,1 | » » | 4,8 | Однослойная, шаг 0,25 *мм* |
| $L_6$ | 35 | ПЭВТЛ-1 0,1 | » » | 4,8 | Однослойная, шаг 0,25 *мм* |
| $L_7$ | 2 | ПЭВТЛ-1 0,1 | » » | — | Намотана между 20—23 витками катушки $L_6$ |
| $Др_1$ | 27 | ПЭВТЛ-1 0,15 | — | 0,5 | Однослойная, рядовая |

Транзисторный радиоприемник «АТ-66» используется в автомобилях «Волга». По электрическим параметрам — это приемник II класса. Однако схема приемника несколько сложнее, чем других отечественных транзисторных приемников аналогичного класса. В приемнике используется двойное преобразование частоты на УКВ диапазоне. Первая промежуточная частота 10,7 *Мгц*, вторая 6,5 *Мгц*.

Схема блока УКВ приемника «АТ-66» приведена на рис. 38. Блок построен на двух транзисторах: $T_1$ ГТ-313Б — усилитель высокой частоты, $T_2$ ГТ-322Б — гетеродинный преобразователь частоты. Настройка блока на принимаемый сигнал в диапазоне 65,8—73 *Мгц*

5—350

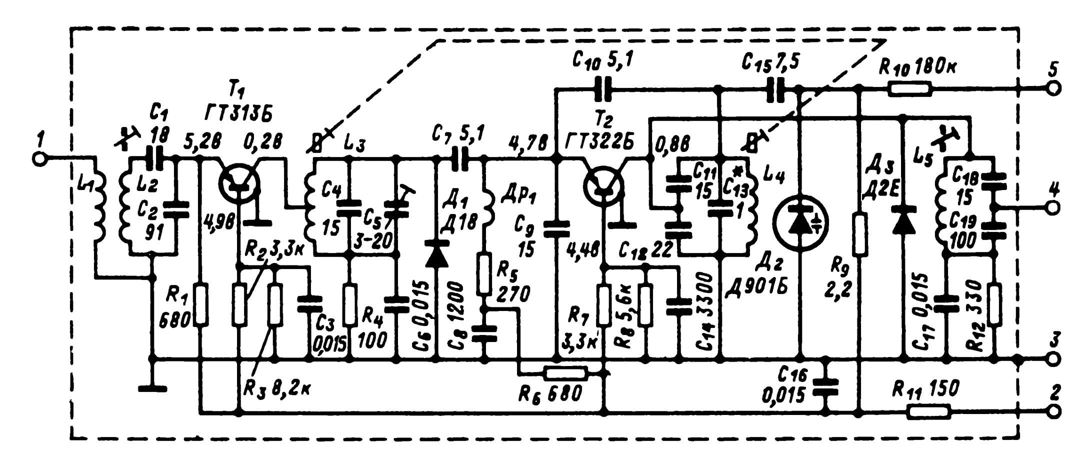



Рис. 38. Схема блока УКВ автомобильного транзисторного радиоприемника АТ-66.

*1* — вход; *2* — $U_п$; *3* — корпус; *4* — выход ПЧ; *5* — АПЧ.

осуществляется агрегатом катушек переменной индуктивности. Перестраиваются коллекторный контур УВЧ $L_3C_4C_5$ и контур гетеродина $L_4C_{11}C_{12}C_{13}$. В качестве ограничителей уровня входного сигнала используются два диода: $Д_1$ Д18 — в коллекторном контуре УВЧ и $Д_2$ Д2Е — в каскаде преобразователя частоты.

Автоматическая подстройка частоты гетеродина выполнена на варикапе Д901Б. Варикап подключен к контуру через конденсатор $C_{15}$. Управляющее напряжение на варикап подается с частотного детектора через сопротивление $R_{10}$. Нагрузкой преобразователя частоты является одиночный контур $L_5C_{18}C_{19}$, настроенный на промежуточную частоту 10,7 *Мгц*. Напряжение ПЧ на выход блока подается с емкостного делителя $C_{18}C_{19}$. В остальном блок УКВ приемника «АТ-66» не отличается от ранее рассмотренных блоков УКВ на двух транзисторах и имеет такие же электрические параметры.

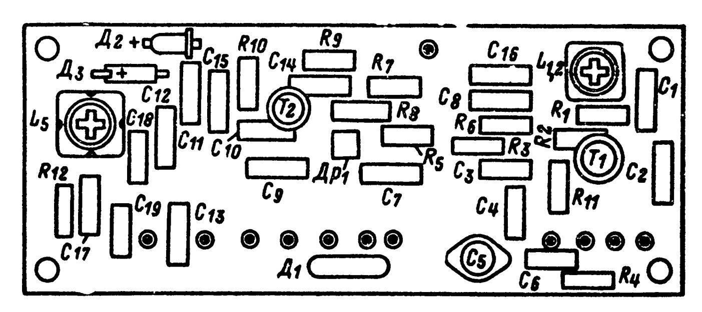



Рис. 39. Расположение деталей на печатной плате блока УКВ радиоприемника «АТ-66».

Расположение деталей на печатной плате блока УКВ показано на рис. 39.

Схема блока УКВ автомобильно-переносного радиоприемника «Урал-авто» (рис. 40) в отличие от всех ранее рассмотренных построена на трех транзисторах. Усложнение схем блоков УКВ (особенно для автомобильных приемников) в последнее время вызвано ростом числа и мощности передающих УКВ станций. В движущемся автомобиле уровень принимаемого сигнала может изменяться очень резко и в больших пределах (от единиц микровольт до сотен милливольт), поэтому основным требованием, предъявляемым к блоку УКВ автомобильного приемника, является высокая стабильность частоты гетеродина при изменении величины входного сигнала.

Для обеспечения этого требования в блоке УКВ радиоприемника «Урал-авто» используется отдельный гетеродин, построенный на транзисторе $T_3$ ГТ-322А. Транзистор включен по схеме с общей базой. Самовозбуждение осуществляется за счет подачи напряжения с коллекторного контура в цепь эмиттера через емкость обратной связи $C_{19}$.

Перестройка частоты контура гетеродина и сопряженного с ним коллекторного контура УВЧ производится изменением индуктивности контурных катушек. Автоматическая подстройка частоты гетеродина осуществляется с помощью варикапа Д902, включенного в контур

гетеродина через емкость 6,2 *пф* ($C_{16}$). Начальная рабочая точка варикапа устанавливается диодом $Д_3$ 7ГЕ2АС.

В УВЧ использован транзистор типа ГТ-313А, включенный по схеме с общей базой. Параллельно коллекторному контуру включен диод $Д_1$ (Д18), ограничивающий величину сигнала, подводимого к преобразователю частоты.

Он собран на транзисторе типа ГТ-313А по схеме с общим эмиттером. Это позволяет получить большее усиление по промежуточной

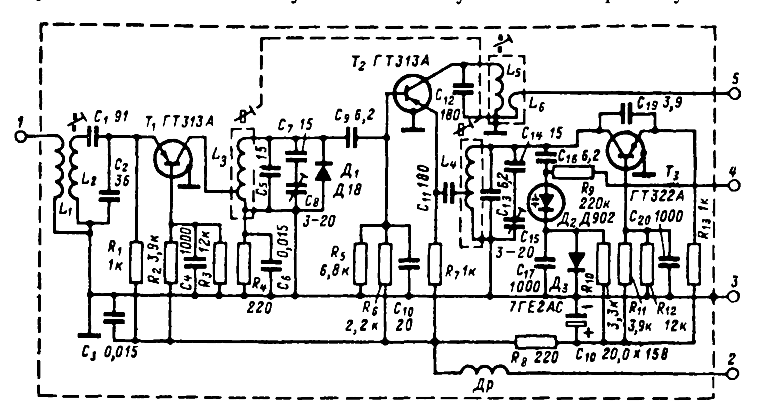



Рис. 40. Схема блока УКВ автомобильно-переносного радиоприемника «Урал-авто».
*1* — вход; *2* — питание; *3* — корпус; *4* — АПЧ; *5* — выход ПЧ.

Таблица 9

**Моточные данные катушек индуктивности блока УКВ радиоприемника «Урал-авто»**

| Обозначение по схеме | Число витков | Марка и диаметр провода, *мм* | Материал сердечника | Индуктивность, *мкгн* | Тип намотки |
|---|---|---|---|---|---|
| $L_1$ | 4,25 | ПЭЛШКО 0,31 | М100 НН | 0,26 | Однослойная, с шагом |
| $L_2$ | 4,5 | ПЭЛШКО 0,31 | М100 НН | 0,33 | Однослойная, с шагом |
| $L_3$ | 10,75 | Медный луженый ∅0,8 | Сплав Д-16 | — | Однослойная, с шагом |
| $L_4$ | 9,25 | Медный луженый ∅0,8 | Сплав Д-16 | — | Однослойная, с шагом |
| $L_5$ | 13,5 | ПЭЛШКО 0,15 | СБ-12А | 2,0 | Секционированная |
| $Др_1$ | 70 | ПЭЛ 0,1 | — | — | Однослойная, рядовая |

частоте. Сигнал от УВЧ подается на базу смесителя через небольшую емкость (6,2 *пф*), а сигнал гетеродина — в цепь эмиттера. Нагрузкой смесительного каскада является одиночный контур $L_5C_{12}$, сигнал с которого через катушку связи $L_6$ подается на выход блока УКВ.

ГЛАВА ПЯТАЯ

# ЭЛЕКТРОННАЯ НАСТРОЙКА В ДИАПАЗОНЕ УКВ

## Свойства и особенности применения варикапов в диапазоне УКВ

Во всех рассмотренных выше блоках УКВ, как ламповых, так и транзисторных, для настройки в диапазоне принимаемых частот используется либо агрегат переменных индуктивностей (индуктор), либо конденсатор переменной емкости (КПЕ).

Разработка специальных диодов (варикапов), емкость которых изменяется в зависимости от величины приложенного напряжения, дает возможность применить в блоках УКВ новый способ настройки высокочастотных контуров — электронный.

Электронная настройка УКВ диапазона с помощью варикапов дает значительные преимущества по сравнению с любым видом механической настройки:

1) малые габариты элемента настройки;

2) число контуров, перестраиваемых в диапазоне принимаемых частот практически не ограничено;

3) отсутствие механической оси, связывающей перестраиваемые контуры, позволяет размещать каждый варикап непосредственно у колебательного контура, что уменьшает конструктивные связи между каскадами; простая экранировка каждого каскада вместе с элементом настройки позволяет снизить паразитное излучение с частотой гетеродина;

4) ликвидируется жесткая связь между УКВ блоком и элементом настройки приемника, что позволяет при конструировании приемника установить блок практически в любом месте;

5) возможность осуществления автоматического поиска станций с помощью простых средств, легкое сочетание плавной настройки с фиксированной (кнопочной);

6) возможность введения автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧ) без введения в схему дополнительного управляющего элемента;

7) большая механическая прочность, а следовательно, надежность и полное отсутствие микрофонного эффекта.

Следует заметить, что введение электронной настройки в блоки УКВ связано с преодолением некоторых трудностей, связанных со специфическими особенностями и свойствами варикапов:

1) меньшее по сравнению с применяемыми КПЕ перекрытие по емкости;

2) меньшая добротность варикапов и изменение добротности контура в зависимости от приложенного к варикапу напряжения;

3) обеспечение высокой стабильности параметров приемника при работе в широком интервале изменения температур из-за значительного температурного коэффициента емкости (ТКЕ) варикапов;

4) проблема разброса параметров диодов;

5) влияние амплитуды высокочастотного сигнала (входного сигнала с большим уровнем или сигнала гетеродина) на форму резонансной кривой контура с варикапом;

6) появление интермодуляционных искажений и перекрестной модуляции за счет нелинейной характеристики варикапов.

В качестве емкостного диода в общем случае можно использовать запертый *р-п* переход любого транзистора или диода.

Принцип работы варикапа заключается в том, что его емкость изменяется в зависимости от ширины запорного слоя, расположенного между областями *р* и *п*, которая зависит от величины внешнего управляющего напряжения, приложенного к переходу. Емкость перехода выражается формулой

$$C = \frac{k}{(U_0 + E_{упр})^n},$$

где $k$ — коэффициент пропорциональности, зависящий от геометрических размеров и физических свойств перехода;

$C$ — емкость, *пф*;

$E_{упр}$ — внешнее управляющее напряжение, приложенное к переходу;

$U_0$ — контактная разность потенциалов перехода, равная 0,8—0,9 *в* для кремниевых варикапов и 0,35—0,45 *в* для германиевых;

$n$ — показатель, зависящий от концентрации примесей в переходе.

Для варикапов Д-901 и Д-902, используемых на частотах УКВ диапазона, показатель $n$ примерно равен 0,5, т. е. для этих диодов емкость определяется выражением

$$C = \frac{k}{\sqrt{U_0 + E_{упр}}}.$$

Упрощенная эквивалентная схема варикапа для частот УКВ диапазона показана на рис. 41. Из нее следует, что добротность варикапа, равная

$$Q = \frac{1}{\omega C_в R_в},$$

существенно зависит от частоты и емкости запирающего слоя.

На рис. 42 приведены зависимости изменения емкости и добротности варикапов Д-901Б и Д-902 от приложенного управляющего напряжения на частоте 50 *Мгц*.

Коэффициент перекрытия варикапа по емкости $k_c$ определяется выражением

$$k_c = \frac{\sqrt{U_0 + E_{макс}}}{\sqrt{U_0 + E_{мин}}}.$$

Верхней границей управляющего напряжения $E_{макс}$ является максимально допустимое запирающее напряжение перехода, а нижняя граница — $E_{мин}$ определяется моментом открывания перехода. Это напряжение должно быть в предельном случае не меньше амп-

литуды переменного напряжения сигнала высокой частоты на контуре, чтобы переход все время оставался обратно смещенным. Кроме того, минимально допустимое управляющее напряжение $E_{мин}$ определяется допустимыми искажениями формы резонансной кривой перестраиваемого контура. В случае, если амплитуда сигнала соизмерима с управляющим напряжением, средняя емкость варика-

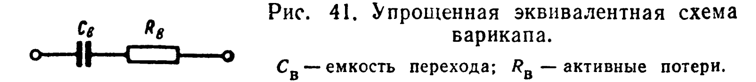


Рис. 41. Упрощенная эквивалентная схема варикапа.

$C_в$ — емкость перехода; $R_в$ — активные потери.

па не будет равна емкости, измеренной при малом сигнале, так как емкость за один полупериод высокочастотного сигнала будет изменяться больше, чем за другой, на величину $\Delta C$ (рис. 43). Поэтому с ростом амплитуды сигнала контур расстраивается и добротность его падает. Для перестройки контуров УКВ блока $E_{мин}$ обычно принимается не ниже 2—3 *в*. Из рассмотрения зависимостей емкости и добротности варикапов от величины управляющего напряжения (рис. 42) видно, что с увеличением $E_{упр}$ добротность варикапа увеличивается, а крутизна характеристики изменения емкости варикапа уменьшается.

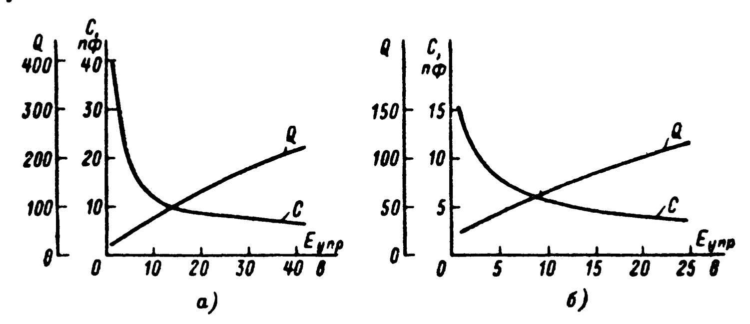


Рис. 42. Зависимость емкости и добротности варикапов Д901Б и Д902 от управляющего напряжения.

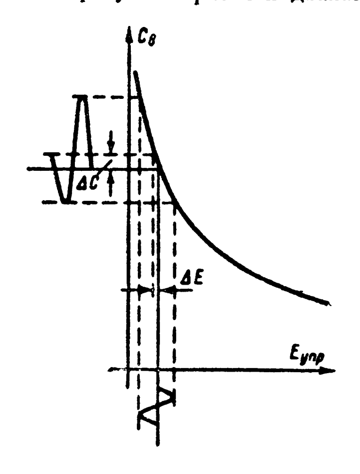
*а* — для Д901Б; *б* — для Д902.

Для обеспечения высокой добротности избирательных цепей с варикапами следует использовать максимально возможную величину управляющих напряжений. Другим способом уменьшения влияния потерь в варикапе является уменьшение доли емкости варикапа в полной емкости избирательной цепи за счет введения дополнительных конденсаторов постоянной емкости ($C_п$) с пренебрежимо малыми потерями (рис. 44, *б*). Однако для сохранения прежнего коэффициента перекрытия диапазона частот необходимо расширять пределы изменения управляющего напряжения варикапа и заходить в область более низких добротностей самого варикапа, так что выигрыш в добротности избирательной цепи возможен лишь при определенных соотношениях между емкостями варикапа и дополнительных конденсаторов.

Когда необходимо получить максимальное перекрытие по частоте, стараются уменьшить до минумума начальную емкость контура $C_0$, т. е. удовлетворить неравенство $C_0 \ll C$.

Рассмотрим возможность использования варикапов Д-902 для перестройки диапазона УКВ.

Требуемый рабочий диапазон частот 65,8—73 *Мгц*, а с учетом



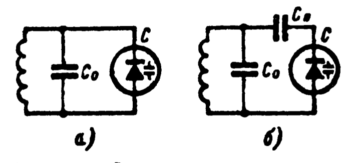




Рис. 44. Схемы включения варикапа в контур.

Рис. 43. Искажение синусоидальной формы сигнала высокой частоты с большой амплитудой при малых значениях управляющего напряжения.

запаса по 0,5 *Мгц* с обоих концов диапазона — 65,3—73,5 *Мгц*.

Коэффициент перекрытия рабочего диапазона частот

$$k_{д} = \frac{f_{в}}{f_{н}},$$

где $f_{в}$ и $f_{н}$ — соответственно высшая и низшая частоты рабочего диапазона.

В данном случае

$$k_{д} = \frac{73,5}{65,3} = 1,12.$$

Кроме того,

$$k_{д} = \sqrt{\frac{C_{н} + C_0}{C_{в} + C_0}},$$

где $C_{н}$ — емкость варикапа, соответствующая нижней частоте диапазона;

$C_{в}$ — емкость варикапа, соответствующая высшей частоте диапазона;

$C_0$ — начальная емкость контура (сумма всех действующих параллельных емкостей).

Схема включения варикапа в контур показана на рис. 44, *а*.

Необходимый коэффициент перекрытия рабочего диапазона ем-

костей для обеспечения требуемого перекрытия частотного диапазона ($k_д = 1,12$) зависит от выбора величин $C_н$ и $C_0$:

$$k_C = \frac{C_н}{C_в}.$$

Например, если принять нижнюю границу управляющего напряжения $E_{упр.н}$ равной 2 *в*, то $k_д = 1,12$ обеспечивается (рис. 42, *б*) при:

$C_0 = 5$ *пф* и изменении $E_{упр}$ в пределах от 2 до 5 *в*;

$C_0 = 10$ *пф* и изменении $E_{упр} = 2$—6 *в*;

$C_0 = 15$ *пф* и изменении $E_{упр} = 2$—8 *в*.

Однако добротность варикапов Д-902 для обеспечения высокой избирательности контуров на частотах УКВ диапазона мала, поэтому следует работать по возможности при бо́льших величинах $E_{упр}$.

Например, перекрытие диапазона УКВ 65,3—73,5 *Мгц* можно обеспечить при $E_{упр} = 5$—10 *в* и $C_0 = 10$ *пф*.

Если же при проектировании приемника есть возможность использовать больший диапазон управляющих напряжений, то для увеличения добротности контура применяется включение варикапа в контур через емкость $C_п$ (рис. 44, *б*).

Наибольший выигрыш в добротности на нижнем конце диапазона частот получается при всяческом уменьшении емкостей конденсаторов $C_0$ и $C_п$.

При построении схем с варикапами следует учитывать, что их емкость меняется при изменении окружающей температуры. Это обусловлено изменением контактной разности потенциалов $U_0$ изменением диэлектрической постоянной материала перехода $\varepsilon$.

Температурный коэффициент емкости варикапов положителен (с повышением температуры емкость перехода увеличивается) и зависит от величины управляющего напряжения. При малых значениях $E_{упр}$ изменение $U_0$ приводит к значительному изменению емкости варикапа. По мере увеличения $E_{упр}$ изменение емкости за счет изменения $U_0$ становится менее значительным. Для кремниевых варикапов в интервале управляющих напряжений 2—10 *в* значение ТКЕ варикапа примерно обратно пропорционально величине $E_{упр}$.

При значениях управляющих напряжений, бо́льших, чем 15—20 *в*, величина ТКЕ варикапа почти не зависит от приложенного напряжения и определяется температурной зависимостью диэлектрической проницаемости материала перехода $\varepsilon$.

Поскольку изменение емкости варикапа под влиянием окружающей температуры возникает за счет двух не связанных между собой факторов, температурная компенсация лучше всего выполняется управлением этими двумя эффектами в отдельности. В зависимости от диапазона управляющих напряжений и от требований к точности компенсации ТКЕ варикапов в схему могут вводиться элементы, компенсирующие влияние температуры либо на $U_0$, либо на $\varepsilon$, либо одновременно на то и другое.

Простые методы температурной компенсации, когда в контур включаются дополнительные конденсаторы с отрицательным ТКЕ, могут использоваться лишь в схемах с малыми пределами изменения управляющего напряжения (не более 1,5—2 раз). При больших изменениях $E_{упр}$ ТКЕ варикапа слишком сильно меняется в пределах диапазона, поэтому иногда вводят электронные схемы температурной компенсации.

Для компенсации изменения контактной разности потенциалов $U_0$ варикапа в цепь подачи управляющего напряжения необходимо

добавить корректирующее напряжение $\Delta U_к$, зависящее от температуры так же, как и $U_0$, и не зависящее от величины управляющего напряжения. Это напряжение $\Delta U_к$ должно иметь полярность, противоположную полярности управляющего напряжения.

Элементом, создающим корректирующее напряжение $\Delta U_к$, может быть обычный кремниевый диод (рис. 45).

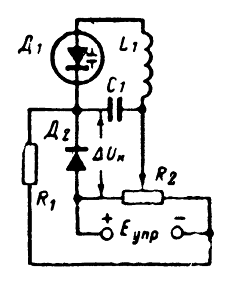



Рис. 45. Схема электронной компенсации изменения контактной разности потенциалов варикапа от температуры.

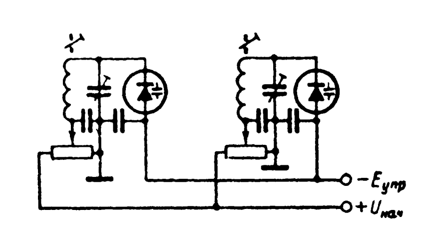



Рис. 46. Схема сопряжения контуров подстройкой индуктивности, начальной емкости и начального управляющего напряжения варикапов.

Режим диода $Д_2$ выбирается таким, чтобы ток диода был достаточно большим (50—100 *мка*), иначе будет сказываться влияние обратного тока варикапа. Компенсирующий диод должен иметь одинаковую с варикапом температуру окружающей среды.

Если необходимо компенсировать изменение диэлектрической проницаемости материала перехода $\varepsilon$ от температуры, в цепь питания варикапа включают терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления.

При использовани варикапов в колебательных контурах необходимо осуществить согласование настройки контуров, работающих в диапазоне принимаемых частот (входные цепи, контуры УВЧ), а также изменить настройку контура гетеродина на величину промежуточной частоты.

Наиболее точное сопряжение контуров можно обеспечить при подстройке трех параметров схемы: индуктивности, начальной емкости избирательной цепи, начального управляющего напряжения варикапа (рис. 46).

Сопряжение настроек контуров производится в трех точках диапазона. На нижней частоте диапазона производится регулировка начального управляющего напряжения, ибо здесь ее влияние на емкость контура варикапа максимально. Подстройка индуктивности производится в середине частотного диапазона, а начальной емкости колебательного контура — на верхней частоте диапазона.

Однако ввиду большой трудоемкости подстройки при помощи трех элементов применение этой методики оправдано лишь при относительно больших коэффициентах перекрытия диапазона и высоких требованиях к точности согласования (~ 1%). Для сопряжения контуров УКВ блока практически такой точности не требуется, по-

этому чаще всего применяют схему согласованной настройки колебательных контуров с варикапами при помощи регулировки индуктивности контуров и начальной емкости.

Коэффициент перекрытия диапазона частот контура гетеродина несколько меньше, чем перекрытие контуров принимаемой частоты. Поэтому для гетеродинного контура можно использовать варикап с меньшим перекрытием. Отклонение величины управляющего напряжения от номинального значения приводит к изменению частоты настройки колебательных контуров с варикапами, поэтому источник управляющего напряжения должен быть очень жестко стабилизирован.

## Практические схемы блоков УКВ с электронной настройкой

Одним из первых зарубежных приемников, в которых для перестройки диапазона УКВ используются варикапы, является стационарный сетевой приемник «Minerva-Stereo». Схема блока УКВ радиоприемника «Minerva-Stereo» приведена на рис. 47. Блок построен на двух высокочастотных транзисторах: AF-106 (усилитель ВЧ) и AF-125 (гетеродинный преобразователь частоты).

Диапазон УКВ перекрывается с помощью варикапов BA-102, на которые подается управляющее напряжение, изменяющееся в пределах 1,6—22 *в*. Для уменьшения потерь в контуре (увеличения добротности) при малых величинах управляющего напряжения варикапы включены в контур не полностью.

В контуре УВЧ конденсатор $C_7$ (10 *пф*) и подстроечный конденсатор $C_6$, соединенные между собою параллельно, включаются последовательно с варикапом $Д_1$. Контур гетеродина включен по такой же схеме. Кроме того, для обеспечения сопряжения этого контура с контуром УВЧ его частотный диапазон немного сужен за счет включения конденсатора $C_{17}$ (4,7 *пф*) параллельно варикапу $Д_3$.

Конденсаторы $C_6$ и $C_7$, включенные последовательно с изменяющейся емкостью диода $Д_1$, в большей степени влияют на емкость контура при больших значениях емкости варикапа, чем при малых. Поэтому в этой схеме сопряжение производится на нижней частоте диапазона конденсатором $C_6$, а на верхней частоте — изменением индуктивности контурной катушки с помощью сердечника.

Варикап контура гетеродина $Д_3$, кроме основной функции — перестройки частоты диапазона, одновременно используется для автоматической подстройки частоты. Для этого на анод диода $Д_3$ через сопротивление $R_9$ (150 *ком*) подается напряжение с делителя $R_{17}$, $R_{18}$. Напряжение на этот делитель поступает с частотного детектора. Следовательно, к варикапу одновременно прикладывается два напряжения: от ручного регулятора ($R_{12}$ или $R_{15}$ или $R_{16}$) при настройке на принимаемую станцию, напряжение АПЧ от частотного детектора после настройки на станцию.

Управляющее напряжение стабилизируется при помощи опорного диода $Д_4$. Требуемый диапазон изменения управляющего напряжения устанавливается полупеременными сопротивлениями $R_{13}$ и $R_{19}$.

На рис. 48 показана схема блока УКВ настольного транзисторного радиоприемника высокого класса «Beomaster-1400K». Блок построен на трех транзисторах: каскад усиления высокой частоты на транзисторе AF-106, отдельный гетеродин на транзисторе AF-125 и смеситель на AF-106. Четыре высокочастотных контура блока УКВ (входной, полосовой фильтр в коллекторной цепи УВЧ, состоящий

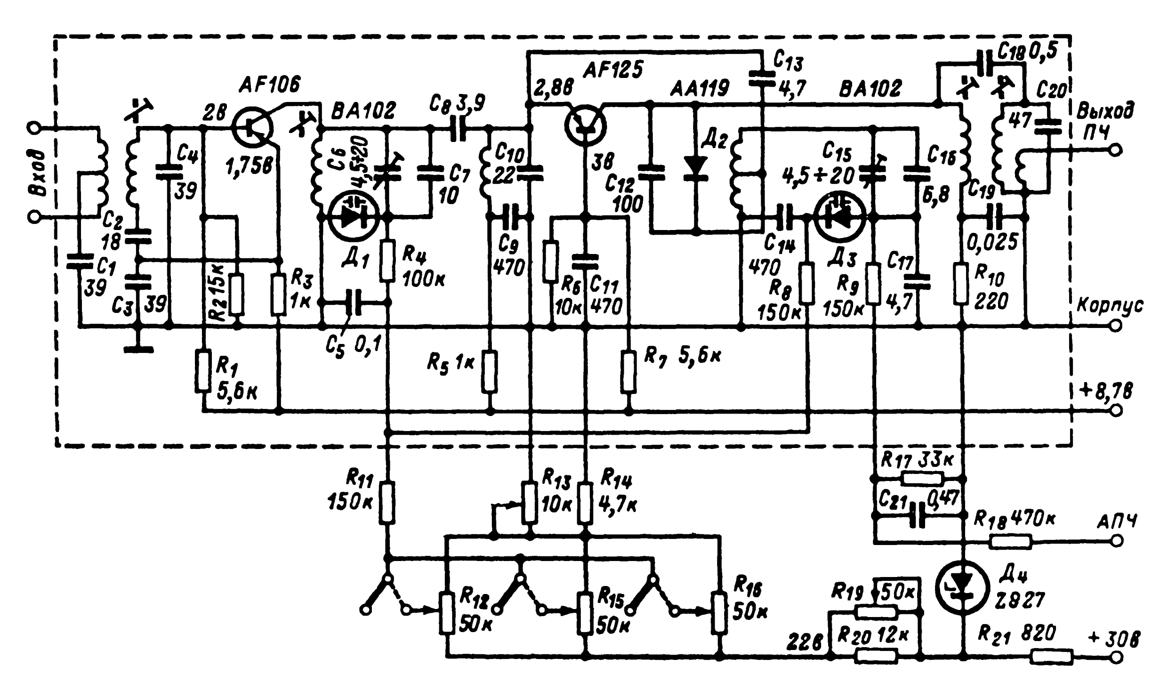



Рис. 47. Схема блока УКВ радиоприемника «Minerva-stereo».

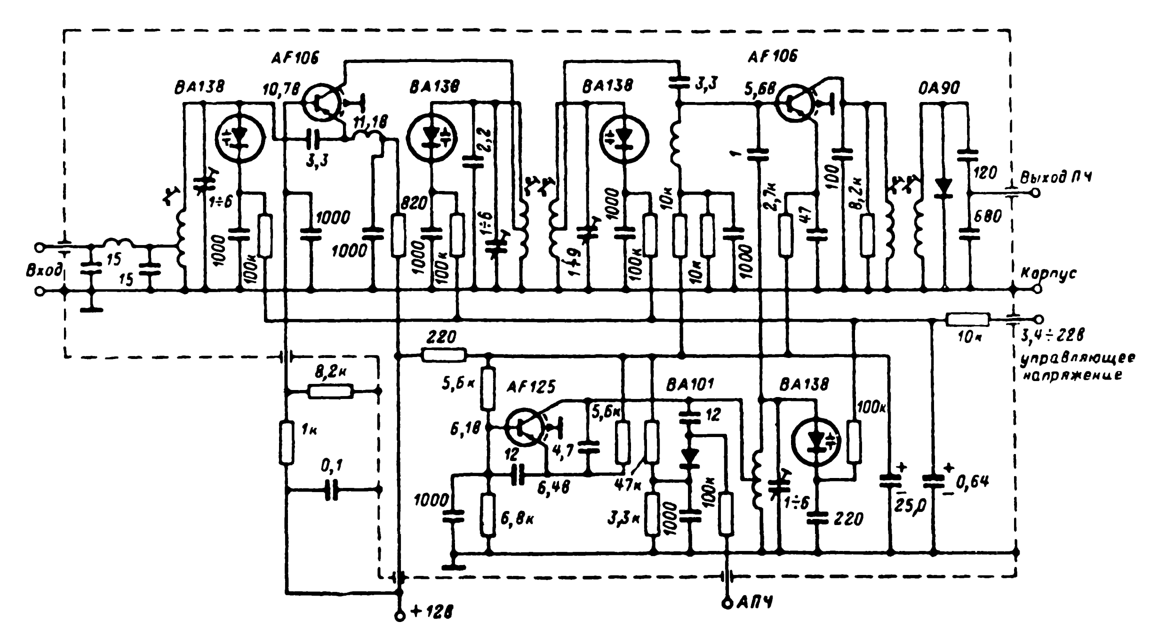



Рис. 48. Схема блока УКВ радиоприемника «Beomaster-1400K».

из двух индуктивно связанных контуров, и контур гетеродина) перестраиваются с помощью варикапов ВА-138 Эти варикапы имеют достаточно высокую добротность ($Q>100$ при $E_{упр}=3$ *в* на $f=$ $=100$ *Мгц*) и поэтому включены в контур через емкость 1 000 *пф*, представляющую для высокой частоты (100 *Мгц*) практически короткое замыкание. Следовательно, варикапы подключены ко всему контуру. Для подстройки и сопряжения в контурах используются подстроечные конденсаторы Диапазон частот УКВ (86,5—105 *Мгц*) перекрывается изменением управляющего напряжения, подводимого к варикапам, в пределах 3,4—22 *в*.

Отличительной особенностью схемы блока УКВ приемника «Beomaster-1400K» является использование для АПЧ дополнительного варикапа BA101, подключаемого к части контура гетеродина через конденсатор емкостью 12 *пф*.

В коллекторной цепи смесителя во втором контуре фильтра промежуточной частоты включен ограничительный диод ОА-90, работающий при больших сигналах на входе блока.

Блок УКВ имеет очень высокие параметры. Например, ослабление сигнала зеркального канала 76—90 *дб*, реальная чувствительность приемника 0,8—1,0 *мкв*.

Схема блока УКВ (рис. 49) транзисторно-лампового радиоприемника «Stereomeister-3000» фирмы Grundig является одной из наиболее сложных схем блоков УКВ с электронной настройкой. Блок УКВ состоит из двух каскадов УВЧ на транзисторах AF-106, отдельного гетеродина тоже на AF-106 и смесителя на транзисторе AF-121. Контуры ВЧ и гетеродина перестраиваются с помощью варикапов типа ВА-124. В каждом контуре используется по два варикапа, которые для постоянного напряжения включены параллельно, а для напряжения высокой частоты последовательно навстречу. Вызвано это стремлением уменьшить нелинейные эффекты в контуре с варикапом, поскольку при использовании в контуре одного варикапа переменное напряжение, поступающее на контур, может изменять величину емкости варикапа так же, как и управляющее напряжение. Вследствие этого, во-первых, изменяется емкость варикапа с частотой принимаемого сигнала и, во-вторых, сдвигается среднее значение емкости варикапа, так как положительный и отрицательный полупериоды напряжения ВЧ вызывают различное изменение мгновенного значения емкости. Из-за изменения мгновенного значения переменное напряжение ВЧ искажается.

При использовании в контуре двух встречно включенных варикапов улучшаются условия их работы, так как на каждый диод уже приходится лишь половина приложенного к контуру переменного напряжения. Кроме того, обусловленное переменным напряжением изменение величины емкости варикапов будет происходить в противофазе, т. е. мгновенное значение общей емкости будет оставаться практически постоянным.

При низких значениях управляющих напряжений варикапы имеют меньшую добротность и большой разброс по емкости. В блоке УКВ приемника «Stereomeister-3000» для перекрытия требуемого диапазона частот (86,5—105 *Мгц*) управляющее напряжение, подводимое к варикапам, изменяется в пределах от 6,85 до 30 *в*, а в контурах не используются подстроечные конденсаторы. Установка нижнего значения управляющего напряжения для каждой пары диодов производится раздельно с помощью переменного резистора сопротивлением 25 *ком*.

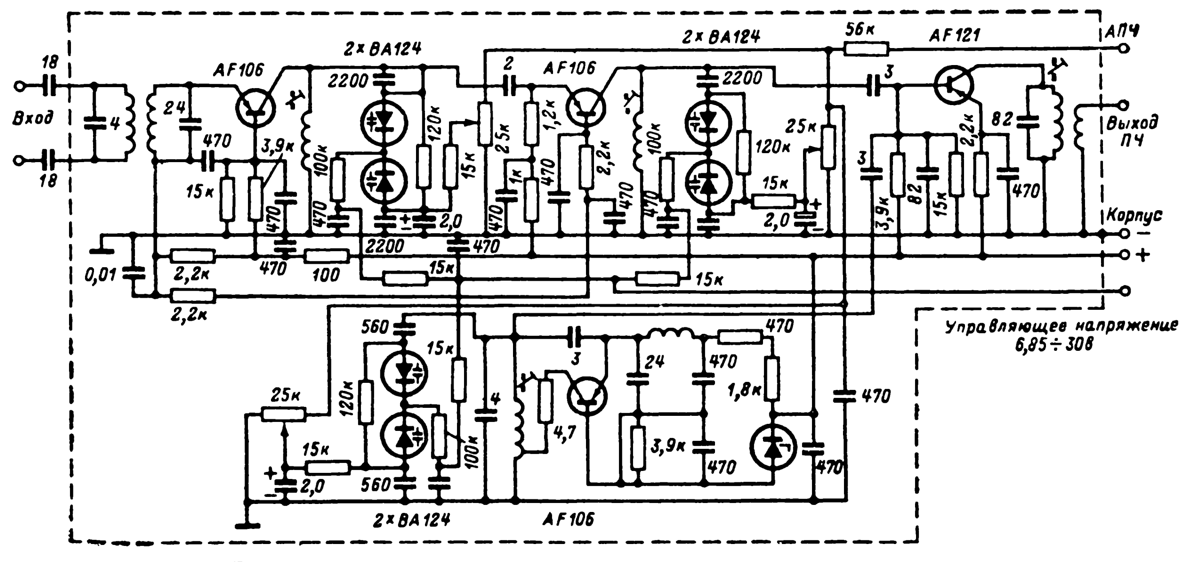



Рис. 49. Схема блока УКВ радиоприемника «Stereomeister-3000».

В блоке используется автоматическая подстройка частоты контуров гетеродина и УВЧ. Напряжение АПЧ подводится ко всем трем парам диодов. Пара варикапов в гетеродинном контуре подключается к контурной катушке через два конденсатора по 560 *пф*. Эти конденсаторы служат для температурной компенсации емкости варикапов на низкочастотном конце диапазона. На высокочастотном конце диапазона, где емкость варикапов мала, для этих целей служит конденсатор емкостью 4 *пф*, включенный параллельно варикапам в контур гетеродина.

Для увеличения стабильности частоты коллектор транзистора гетеродина подключается к части контура. Напряжение смещения базы этого транзистора стабилизируется. Сигналы принимаемой частоты и гетеродина подаются на базу транзистора преобразователя, который включен по схеме с общим эмиттером. Нагрузкой преобразователя служит трехконтурный фильтр промежуточной частоты, причем один контур с катушкой связи расположен непосредственно в блоке УКВ, а другие два—на плате тракта ПЧ.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

# ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ И ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ БЛОКОВ УКВ

## Настройка блоков УКВ

Наиболее удобно, а в некоторых случаях просто необходимо при ремонте приемника настраивать и производить проверку параметров блока УКВ отдельно.

Для настройки блоков необходимы следующие приборы: 1) генератор стандартных сигналов (типов Г4-1А, Г4-6, Г4-44, Г4-70 и др.); 2) ламповый вольтметр постоянного тока (типа ВЛУ-2) с большим входным сопротивлением; 3) ламповый вольтметр переменного тока (типов ВЛУ-2, В3-3, В3-14 и др.); 4) гетеродинный волномер (типа Ч4-1); 5) измеритель помех (ИП-26М, П4-5А и др.); 6) блок питания.

На входе блока УКВ должен быть подключен эквивалент антенны, на выходе — эквивалент нагрузки.

Блоки УКВ, предназначенные для установки в стационарные сетевые приемники, рассчитаны на подключение симметричной антенны (петлевого вибратора с волновым сопротивлением 300 *ом*). Схема такого эквивалента антенны (при работе с генератором, имеющим внутреннее сопротивление 75 *ом*) приведена на рис. 50. Если на конце кабеля ГСС имеется сопротивление 75 *ом* (ГСС-17, Г4-6), то его следует отключить; в этом случае градуировка шкалы выходных напряжений не будет нарушена.

Методика настройки ламповых и транзисторных блоков УКВ одинакова. Настройка производится от выхода схемы ко входу: сначала проверяется режим работы всех каскадов блока, затем настраиваются контуры фильтра ПЧ, контур гетеродина, УВЧ и входные цепи.

Для примера рассмотрим порядок настройки двухлампового блока УКВ радиолы «Эстония» и транзисторного блока УКВ приемника «Спорт-3».

**Настройка двухлампового блока УКВ** (см. рис. 18). Настройку блока начинают с регулировки каскада усиления промежуточной частоты на триоде (каскада гетеродинного преобразователя). Настройка производится сердечниками катушек на максимум усиления при подаче на вход лампы $L_2$ (9-я ножка) от генератора напряжения с частотой 8,4 *Мгц*. Затем переходят к настройке высокочастотной части блока УКВ. Для этого металлические сердечники механизма настройки контуров гетеродина и обоих каскадов УВЧ ставят примерно в одинаковое положение так, чтобы на высшей частоте диапазона сердечники выходили из катушек на 4—5 *мм*.

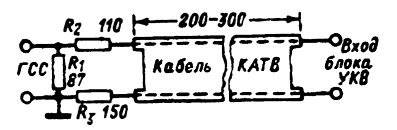



Рис. 50. Схема эквивалента симметричной антенны.

Настраивают второй каскад УВЧ (на пентоде), для чего вынимают лампу гетеродина ($Л_2$), размыкают контур гетеродина ($L_5C_{14}$) и контур первого УВЧ ($L_3C_5$).

Генератор подключают на вход второго УВЧ (2-я ножка лампы $Л_1$), а ламповый вольтметр на выход (9-я ножка лампы $Л_2$). Настраивают сердечником катушки $L_4$ контур второго УВЧ несколько ниже нужного диапазона частот (в диапазон 60—70 *Мгц*), что обеспечит при подключении элементов преобразователя вследствие различия входных емкостей вольтметра и лампы преобразователя перекрытие контуром второго УВЧ необходимого диапазона частот 65—74 *Мгц*.

Коэффициент усиления второго каскада УВЧ должен быть около 50 во всем рабочем диапазоне частот.

Затем приступают к настройке гетеродина. Ламповый вольтметр подключают на выход блока УКВ. Подстроечный конденсатор $C_{13}$ мостовой схемы, используемой для уменьшения взаимосвязи между анодным контуром второго УВЧ и гетеродинным контуром, а также для уменьшения просачивания паразитного напряжения гетеродина на вход блока, устанавливают приблизительно в среднее положение. Изменяя положение сердечника контурной катушки $L_5$ на оси механизма настройки, производят укладку диапазона частот гетеродина с примерно равным запасом по частоте (по 1 *Мгц*) в обе стороны от крайних частот гетеродина (65,8—74 *Мгц*). Если с помощью сердечника гетеродин не укладывается в заданный диапазон частот, необходимо сделать это изменением емкости подстроечного конденсатора $C_{13}$.

Если же при любом положении сердечника контура гетеродина и при любом значении емкости конденсатора $C_{13}$ диапазон частот гетеродина не укладывается, следует заменить конденсатор $C_{14}$ в контуре гетеродина. После укладки диапазона частот гетеродина переходят к сопряжению контуров второго УВЧ и гетеродина, одновременно добиваясь их минимального взаимного влияния. На вход второго УВЧ (2-я ножка лампы $Л_1$) подают от генератора сигнал с частотой 69 *Мгц* (средняя частота диапазона). Сопряжения добиваются изменением положения сердечника контура УВЧ на оси механизма настройки. При сопряжении получается максимальное усиление. Проверку

минимального взаимного влияния контуров производят поворотом сердечника катушки контура УВЧ примерно на четверть оборота в ту или иную сторону, что должно уменьшать выходное напряжение примерно не более чем на 10—15%. Может оказаться, что при сопряжении на максимум усиления не обеспечивается минимальное взаимное влияние контуров друг на друга. В этом случае необходимо изменением емкости подстроечного конденсатора $C_{13}$ устранить взаимное влияние и, если диапазон частот гетеродина при этом несколько сместится, уложить его в нужный диапазон перемещением сердечника катушки гетеродина или изменением емкости контура. Затем снова производят сопряжение на средней частоте диапазона.

Может случиться, что такую операцию придется повторить несколько раз, постепенно приближаясь к желаемому результату.

После настройки второго УВЧ переходят к настройке первого каскада УВЧ на триоде. Для этого входной контур отключают, в цепь сетки лампы ставят сопротивление утечки, равное 100 *ком*, цепочку автоматического смещения заземляют, минуя входной контур. Сигнал от генератора через конденсатор емкостью 100 *пф* подают на сетку триода (9-я ножка лампы $Л_1$). Емкость нейтрализации подключена. Производят настройку контура УВЧ $L_3C_5$ на максимум усиления на средней частоте диапазона 69 *Мгц*, после чего считают контур УВЧ настроенным и переходят к настройке входного контура, подключив цепочку автоматического смещения к входному контуру и отключив сопротивление утечки (100 *ком*).

Сигнал от генератора через эквивалент антенны подают на вход УКВ блока и на средней частоте диапазона, равной 69 *Мгц*, производят сердечником катушки входного контура настройку на максимум усиления.

Настроив входной контур, надевают крышку блока и измеряют напряжение гетеродина на входе блока с помощью измерителя помех ИП-26М или П4-5А. Измеритель помех включают на вход блока через согласующую приставку, представляющую собой два параллельных сопротивления по 112 *ом*. При этом блок УКВ оказывается согласованным с входным сопротивлением измерителя помех. Измерения производят на крайних точках диапазона и в середине (на частотах 74,2; 77,5; 81,4 *Мгц*). Если емкость нейтрализации $C_2$ мостовой схемы в первом каскаде УВЧ выбрана правильно, то напряжение гетеродина распределяется по диапазону так, что на крайних частотах напряжения гетеродина примерно равны, а на средней частоте напряжение имеет меньшее значение. Такой характер распределения напряжения гетеродина по диапазону обеспечивает минимально возможную величину напряжения гетеродина на входе блока.

При ином характере распределения напряжения гетеродина по диапазону необходимо уточнить значение емкости нейтрализации, изменяя ее в небольших пределах (±1 *пф*) и добиваясь минимума напряжения излучения по показаниям измерителя помех на средней частоте диапазона гетеродина. После получения минимального напряжения гетеродина на входе блока замеряют остальные параметры блока на трех частотах диапазона (65,8, 69 и 73 *Мгц*): коэффициент усиления, ослабление сигнала зеркального канала, ширину полосы пропускания фильтра ПЧ на уровне 0,5.

Если окажется, что коэффициент усиления блока мал и блок работает устойчиво, можно попытаться увеличить усиление блока за счет перекомпенсации мостовой схемы в преобразователе частоты (введением положительной обратной связи по промежуточной часто-

те). Для этого уменьшают емкость перекомпенсации $C_{17}$ до величины, ограничиваемой устойчивостью работы блока.

**Настройка блока УКВ на транзисторах** (см. рис. 36) Для питания блока УКВ при настройке необходимо иметь источник питания, позволяющий плавно регулировать напряжение питания в пределах 1,5—6 *в* и контролировать потребляемый ток. Кроме того, источник питания должен иметь систему блокировки, срабатывающую при токе около 50—100 *ма*.

Приступая к настройке блока, в первую очередь проверяют режим работы каскадов с помощью лампового вольтметра типа ВЛУ-2, ВК7-9 или другого аналогичного. После установки требуемого режима производят полную сборку блока (печатную плату устанавливают на поддон и закрывают экраном) и подключают эквивалент антенны и нагрузки.

Схема эквивалента антенны приемника «Спорт-3» приведена на рис. 23 ($L_a$ =0,26 *мкгн*, $C_a$=6,2 *пф*, $R_1$=13 *ом*). Сопротивление нагрузки равно 300 *ом*.

Дальнейшую настройку следует производить в собранном виде для того, чтобы обеспечить условия, эквивалентные работе блока в приемнике.

Настройку блока УКВ начинают с настройки фильтра промежуточной частоты. Для этого на вход преобразователя частоты (на эмиттер транзистора $T_2$) через конденсатор от генератора Г4-1А подают сигнал промежуточной частоты (10,7 *Мгц*). Уровень сигнала от генератора подают такой, чтобы выходное напряжение (по шкале вольтметра) было в пределах 5—10 *мв*. Настройку фильтра ПЧ производят с помощью сердечников катушек $L_5$ и $L_6$ на максимум усиления по выходному вольтметру.

После настройки ФПЧ переходят к регулировке высокочастотной части блока. На вход эквивалента антенны от генератора Г4-6 подают сигнал величиной порядка 10—30 *мв* (по аттенюатору генератора). Конденсатор переменной емкости (КПЕ) блока УКВ ставят в положение минимальной емкости и с помощью сердечника контура гетеродина ($L_4$) устанавливают верхнюю частоту требуемого диапазона 65,8—73 *Мгц* с запасом примерно 1 *мгц* (74 *Мгц*). Проверяют наличие сигнала зеркального канала на частоте 95,4 *Мгц*. Отсутствие сигнала зеркального канала на этой частоте (или близкой к ней) свидетельствует о неправильной настройке контура гетеродина, т. е. он оказался настроенным ниже частоты принимаемого сигнала. В этом случае сердечником контурной катушки $L_4$ изменяют частоту настройки гетеродина так, чтобы он оказался настроенным выше частоты принимаемого сигнала на величину промежуточной частоты.

После установки верхней частоты диапазона (74 *Мгц*) КПЕ блока УКВ ставят в положение максимальной емкости и проверяют нижнюю границу диапазона. Она должна находиться в пределах 64,3—65,3 *Мгц*. В случае необходимости при укладке диапазона изменяют контурную емкость $C_{15}$.

Переходят к настройке усилителя высокой частоты.

Для этого по шкале генератора, подключенного ко входу эквивалента антенны, устанавливают частоту 73 *Мгц* и настраивают блок УКВ на эту частоту. С помощью подстроечного конденсатора $C_4$ производят сопряжение частоты настройки контура УВЧ с контуром гетеродина. При этом уменьшают уровень подаваемого с генератора сигнала до 1—3 *мв*. Затем по шкале генератора устанавливают ча-

стоту 65,8 *Мгц*, настраивают блок УКВ на эту частоту и сердечником контура УВЧ производят сопряжение с контуром гетеродина.

После настройки коллекторного контура УВЧ на вход блока подают сигнал средней частоты диапазона (69,5 *Мгц*) и производят настройку входного контура на максимум усиления по выходному вольтметру. На этом настройку блока УКВ считают законченной и переходят к измерению его параметров.

## Проверка основных параметров блока УКВ

Проверяемый блок УКВ соединяют с измерительной аппаратурой по схеме на рис. 51.

Подключение генератора стандартных сигналов к блоку УКВ и согласование его с входным сопротивлением блока производится при помощи эквивалента УКВ антенны (рис. 50 — для симметричной антенны, рис. 23 — для штырей антенны). При использовании экви-

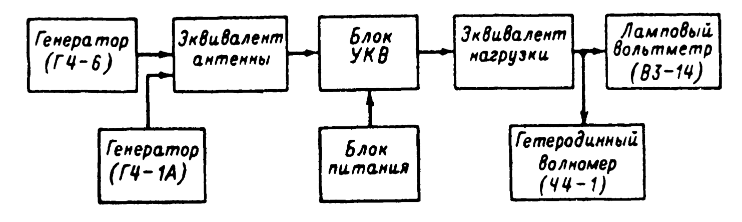



Рис. 51. Блок-схема для проверки электрических параметров блока УКВ.

валента антенны (рис. 50) напряжение, подводимое к входным зажимам блока УКВ, равно показанию аттенюатора генератора, деленному на два.

Эквивалент нагрузки блока УКВ, имитирующий входное сопротивление тракта ПЧ — ЧМ, для ламповых и транзисторных блоков различен. Ламповые блоки УКВ рассчитаны на большое входное сопротивление усилителя промежуточной частоты (десятки килоом), причем тракт ПЧ чаще всего подключается к блоку УКВ коаксиальным кабелем. Поэтому проверку электрических параметров ламповых блоков УКВ производят при нагрузке блока высокочастотным вольтметром с большим входным сопротивлением и подключении к выходному контуру фильтра ПЧ полупеременного конденсатора величиной 12—30 *пф*, который должен обеспечивать возможность настройки этого контура на промежуточную частоту (6,5 или 8,4 *Мгц*). Подстройку измерительной схемы производят этим конденсатором для каждого блока УКВ, подавая от генератора сигнал на вход блока напряжением 10 *мв* и частотой 70 *Мгц*.

Входное сопротивление тракта промежуточной частоты в транзисторном приемнике невелико (обычно несколько сотен ом), причем в разных приемниках оно различно, ибо зависит от режима работы первого транзистора тракта ПЧ — ЧМ (тока эмиттера) и его схемы включения (общая база или общий эмиттер). Для каждого типа блока УКВ на транзисторах его нагрузка оговаривается в технических условиях.

Проверку диапазона принимаемых частот проводят, подавая от генератора сигнал на вход блока УКВ. Механизм настройки блока при этом устанавливают поочередно в крайние положения. Настройка производится по максимуму показания высокочастотного индикатора на выходе блока УКВ. По частотам настройки генератора определяют диапазон принимаемых частот.

Проверку коэффициента усиления блока УКВ проводят, подавая от генератора через эквивалент антенны на вход блока сигнал величиной не более 10 *мв* для ламповых и 1 *мв* для транзисторных блоков. Коэффициент усиления блока определяют как отношение напряжения на выходе блока УКВ к напряжению на входе на частотах 66, 70 и 73 *Мгц*.

Проверку частоты настройки и ширины полосы пропускания фильтра промежуточной частоты проводят на частоте 70 *Мгц*. Блок настраивают на максимум показания индикатора на выходе, затем генератор расстраивают в обе стороны до уменьшения напряжения на выходе в 2 раза (6 *дб*). Полученные при этом значения промежуточных частот на выходе блока измеряют гетеродинным волномером (типа Ч4-1). Разность значений этих частот является показателем ширины полосы пропускания фильтра ПЧ. Среднее арифметическое значение промежуточных частот, полученных при увеличении и уменьшении частоты генератора, является показателем частоты натройки фильтра ПЧ.

Проверку ослабления сигнала зеркального канала проводят на частотах 66 и 72 *Мгц*, подавая от генератора сигнал на вход блока напряжением 1 *мв*. Производят настройку блока на максимум выходного напряжения и отмечают его уровень по индикатору. Затем расстраивают генератор на величину двойного значения промежуточной частоты в сторону бо́льших частот, увеличивая входное напряжение до получения на выходе блока такого же напряжения, как и при настройке на основной канал. Отношение напряжения сигнала на частоте зеркального канала к напряжению на основной частоте, выраженное в децибелах, является показателем ослабления сигнала зеркального канала. Проверку ослабления сигнала промежуточной частоты проводят на частоте 66 *Мгц* аналогичным образом.

Для транзисторных блоков УКВ необходимо проверять их работоспособность (сохранение колебаний гетеродина) при наиболее трудных условиях работы (большом входном сигнале и минимально допустимом напряжении питания). От генератора на вход блока подают сигнал максимальной величины (50—100 *мв*) и уменьшают напряжение питания блока до величины, оговоренной в ТУ. Наличие напряжения ПЧ на выходе блока УКВ свидетельствует об отсутствии срыва колебаний гетеродина.

Проверку крутизны АПЧ проводят, подавая от генератора на вход блока сигнал частотой 70 *Мгц* и напряжением 1 *мв* (при этом цепь АПЧ замкнута на корпус). Блок настраивают на сигнал по максимальному показанию выходного вольтметра. Затем цепь АПЧ отсоединяют от корпуса и на нее подают постоянное напряжение поочередно +0,2 и —0,2 *в*. В обоих случаях по шкале генератора отмечают частоты, соответствующие максимальному показанию выходного вольтметра. Крутизна АПЧ определяется отношением разности этих частот генератора к напряжению 0,4 *в* и выражается в единицах килогерц на вольт.

Напряжение излучения с частотой гетеродина на входных зажимах блока УКВ определяют измерителем помех типа П4-5А.

Цена 21 коп.